

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky**

**Změna napět'ové hladiny vn z 10kV na 22 kV
v Ostravě-Porubě**

**Change of voltage level from 10 kV to 22 kV in
Ostrava-Poruba**

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat svému vedoucímu panu Doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D. a panu Ing. Jaroslavu Fedorovi za cenné rady a výbornou spolupráci, které mi byly během zpracování diplomové práce poskytnuty. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Františku Střídovi za poskytnutou odbornou pomoc a cenné informace při vytváření modelů v softwaru Daisy – Bizon Projektant.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne

.....
Podpis

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá změnou napěťové hladiny v Ostravě - Porubě. První část této práce obsahuje rozdělení elektrických sítí podle různých hledisek a zabývá se také dimenzováním těchto sítí. V druhé části je obecně popsána problematika změny napěťové hladiny. Třetí část je zaměřena na popis a zhodnocení stávajícího stavu sítě. Poslední část popisuje návrh nové sítě a také je zde zpracován teoretický vývoj parametrů sítě na následujících třicet let. Tato část obsahuje také technicko - ekonomické zhodnocení získaných výsledků

Klíčová slova: změna napěťové hladiny, rozdělení elektrických sítí, vývoj parametrů sítě, návrh nové sítě

Abstrakt

This diplom work deal with change of voltage level in the Ostrava – Poruba. The first part of this work contains a partition of electric nets according to different aspects and also deal with dimensioning of these nets. In the second part is generally described a problems with change of level voltage. The third part is oriented on the description and evaluation of the current state this net. The last part describes a proposal of the new net and there is also processed a theoretical development of the net's parameters on the following thirty years. This part contains also technical – economic evaluation of the received results.

Key words: change of level voltage, partition of electrical nets, development of the net's parameters, proposal of the new net

Seznam použitých symbolů a zkratk

ANKTOYPV	typ trojžilového kabelu VN
AXEKCY	typ jednožilového kabelu VN
TRP 40000-123/CB	typ transformátoru 110/22/06 kV
ČSN	česká státní norma
DTS	distribuční transformační stanice
ERZ 33 M-O	typ transformátoru 110/10/06 kV
ETB	elektrárna Třebovice
ES	elektrizační soustava
MAR	rozvodna Martinov
NN	nízké napětí
TR	transformátor / transformovna
VN	vysoké napětí
VVN	velmi vysoké napětí
ZVN	zvlášť vysoké napětí
$\overline{d\Delta U}$	fázor úbytku napětí [V]
$\overline{U_{1f}}$	fázor napětí na začátku vedení [V]
$\overline{U_{2f}}$	fázor napětí na konci vedení [V]
\bar{I}	vektor zdánlivého proudu [A]
I_{ϵ}, I_j	činná , jalová složka proudu [A]
\bar{Z}	vektor impedance jedné fáze vedení [Ω]
R	elektrický odpor jedné fáze vedení [Ω]
jX	induktivní reaktance (jalový charakter) [Ω]
ΔU_{ϵ}	činná složka úbytku napětí [V]
$j\Delta U_j$	jalová složka úbytku napětí
P	činný elektrický výkon [W]
Q	jalový elektrický výkon [VAr]
U_f	fázové napětí [V]
U_s	hodnota sdruženého napětí [V]
\bar{S}	vektor třífázového zdánlivého výkonu [VA]

$\overline{U_f}$	vektor fázového napětí [V]
\overline{I}	vektor zdánlivého proudu [A]
\overline{I}^*	vektor komplexně sdruženého zdánlivého proudu [A]
I_ε	činná složka proudu [A]
I_j	jalová složka proudu [A]
ΔS	ztráty zdánlivého výkonu [VA]
ΔP	ztráty činného výkonu [W]
ΔQ	ztráty jalového výkonu [VAr]
S	zdánlivý maximální provozní příkon transformátoru v roce [VA]
S_n	jmenovitý příkon transformátoru [VA]
ΔP_T	celkové činné ztráty v transformátoru [W]
ΔP_k	ztráty nakrátko [W]
ΔP_0	ztráty naprázdno [W]
i_0	procentní proud naprázdno transformátoru
u_k	procentní napětí nakrátko
$\Delta \vartheta$	teplota vodiče (nesmí překročit povolenou mez)
R	elektrický odpor vodiče na jednotku délky [$\Omega \cdot m^{-1}$]
R_1	odpor vstupního (primárního) vinutí [Ω]
R'_2	přepočtený odpor výstupního (sekundárního) vinutí [Ω]
R_{FE}	odpor popisující magnetizační ztráty a ztráty vířivými proudy [Ω]
$X_{1\sigma}$	rozptylová reaktance vstupního (primárního) vinutí [Ω]
$X'_{2\sigma}$	přepočtená rozptylová reaktance výstupního (sekundárního) vinutí [Ω]
X_μ	magnetizační reaktance [Ω]
T	tepelný odpor vodiče na jednotku délky mezi vodičem a okolím [KmW^{-1}]
$\Delta \vartheta_m$	max. dovolený teplotní rozdíl jádra vodiče a okolí [K]
k_1	koeficient tvaru vodiče (respektuje rozložení proudů)
k_2	koeficient respektující uspořádání vodičů a fázový posuv proudů

i_p	nárazový zkratový proud [A]
a	vzdálenost vodičů [m]
I_{TH}	ekvivalentní oteplovací proud [A]
t_K	doba trvání zkratu [s]
K	koefficient, který respektuje teplotu jádra kabelu před a po zkratu
A	energie přenesená vedením za rok [Wh]
T	počet provozních hodin připojeného zařízení za rok [hod]
P_P	přenášený výpočtový výkon [W]
I_P	výpočtový proud [A]
β	činitel využití
$S_K^{//}$	počáteční souměrný rázový zkratový výkon [VA]
$I_K^{//}$	počáteční souměrný rázový zkratový proud [A]
U_N	jmenovité napětí sítě [V]
U_{min}	nejnižší hodnota napětí v modelu sítě [V]
U_{max}	nejvyšší hodnota napětí v modelu sítě [V]

Obsah

ÚVOD.....	- 1 -
1. DRUHY ENERGETICKÝCH SÍTÍ A JEJICH DIMENZOVÁNÍ.....	- 2 -
1.1 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA.....	- 2 -
Charakteristické údaje pro ES v ČR	- 3 -
1.1.1 Sítě zvn a vvn.....	- 3 -
1.1.2 Sítě vn	- 4 -
1.1.3 Sítě nn	- 4 -
1.1.4 Rozdělení sítí z hlediska topologie	- 5 -
1.1.4.1 Sítě parskové radiální	- 5 -
1.1.4.2 Sítě okružní.....	- 5 -
1.1.4.3 Mřížové sítě.....	- 6 -
1.1.5 Rozdělení sítí z hlediska zapojení uzlu	- 7 -
1.1.5.1 Sítě s přímo uzemněným uzlem	- 7 -
1.1.5.2 Sítě s izolovaným uzlem	- 7 -
1.1.5.3 Sítě s nepřímo uzemněným uzlem přes odpor	- 7 -
1.1.5.4 Sítě s nepřímo uzemněným uzlem přes indukčnost	- 8 -
1.2 DIMENZOVÁNÍ SÍTÍ VN.....	- 9 -
1.2.1 Úbytek napětí v elektrických sítích.....	- 9 -
1.2.2 Ztrátový výkon.....	- 12 -
1.2.3 Ztráty v transformátorech	- 12 -
1.2.4 Proudové zatížení vodičů	- 14 -
1.2.5 Odolnost vůči zkratovým proudům	- 15 -
1.2.6 Mechanická odolnost vedení.....	- 16 -
1.2.7 Optimální ekonomický provoz:	- 16 -
2. PROBLEMATIKA ZMĚNY NAPĚŤOVÉ HLADINY	- 17 -
2.1 ZÁKLADNÍ HLEDISKA NÁVRHU NOVÉ SÍTĚ	- 17 -
2.1.1 Dynamický návrh sítě s ohledem na zvětšující se zatížení	- 17 -
2.1.2 Ztráty v navrhované síti	- 17 -
2.1.2.1 Vztah úbytku napětí ke ztrátám v navrhované síti	- 20 -
2.1.4 Spolehlivost dodávky elektrické energie v navrhované síti.....	- 21 -
2.2 CHARAKTERISTICKÉ ZMĚNY V SÍTI PŘI PŘECHODU NA VYŠŠÍ NAPĚŤOVOU HLADINU.....	- 21 -
-	-
3. POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU KONKRÉTNÍ OBLASTI.....	- 23 -
3.1 ROZVODNA MARTINOV	- 23 -
3.2 ROZVODNA TŘEBOVICE	- 25 -
3.3 ROZVODNÁ KABELÁŽ.....	- 25 -
3.4 VÝPOČTY STÁVAJÍCÍ SÍTĚ OSTRAVA – PORUBA.....	- 28 -
3.4.1 Obecná metodika výpočtu sítí.....	- 28 -
3.4.2 Výpočetní technika v elektroenergetice.....	- 28 -
3.4.3 Výpočetní software Daisy - Bizon projektant.....	- 28 -
3.4.4 Výpočtový model stávající sítě 10 kV v programu Daisy Bizon projektant	- 31 -
3.4.5 Varianta č.1 – stávající síť 10 kV	- 31 -
3.4.6 Varianta č.2 – stávající síť 10 kV	- 31 -
3.4.7 Varianta č.3 – stávající síť 10 kV	- 32 -

3.4.8 Varianta č.4 – stávající síť 10 kV	32 -
3.4.9 Výpočet zkratových poměrů v Daisy – Bizon projektant.....	33 -
3.4.9.1 Základní vstupní a výstupní data	33 -
3.4.9.2 Tvorba místa a parametrů jednoduchého zkratu.....	33 -
3.4.10 Výpočet zkratových poměrů ve stávající síti 10 kV	35 -
3.5 Zhodnocení stávajícího stavu sítě v Ostravě - Porubě	36 -
4. TECHNICKO EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ ŘEŠENÍ.....	37 -
4.1 POPIS NOVÉHO STAVU V OSTRAVĚ - PORUBĚ	37 -
4.1.1 Rekonstrukce rozvodny Martinov	38 -
4.1.2 Výstavba nové rozvodny.....	38 -
4.1.3 Změna rozvodné kabeláže	39 -
4.1.4. Rekonstrukce DTS	39 -
4.2 VÝPOČTY NOVÉ SÍTĚ OSTRAVA - PORUBA.....	40 -
4.2.1 Výpočtový model nové sítě 22 kV v programu Daisy Bizon projektant	40 -
4.2.2 Varianta č.1 – nová síť 22 kV	40 -
4.2.3 Varianta č.2 – nová síť 22 kV	40 -
4.2.4 Varianta č.3 – nová síť 22 kV	41 -
4.2.5 Varianta č.4 – nová síť 22 kV	41 -
4.2.6 Výpočet zkratových poměrů ve stávající síti 22 kV	42 -
4.3 VÝVOJ DODÁVKY A ZTRÁT EL. ENERGIE V NOVÉ SÍTI OSTRAVĚ - PORUBĚ.....	42 -
4.4 ZHODNOCENÍ NOVÉHO STAVU SÍTĚ V OSTRAVĚ - PORUBĚ	45 -
4.4.1 Technické zhodnocení	45 -
4.4.2 Ekonomické zhodnocení.....	45 -
4.4.2.1 Ocenění rekonstrukce sítě.....	45 -
4.4.2.2 Ocenění ztrátové energie.....	46 -
5. ZÁVĚR.....	47 -
POUŽITÁ LITERATURA.....	49 -
SEZNAM PŘÍLOH.....	50 -

Úvod

Elektrická energie je neodmyslitelnou součástí života naší společnosti. Do hlavních předností tohoto druhu energie se řadí možnost výroby z různých energetických zdrojů a možnost přeměny v jiné druhy energie. Je využívána k mnoha účelům a její spotřeba neustále roste. Důvody neustálého růstu spotřeby elektrické energie jsou např. neustálé zvyšování životního standartu, vyšší aktivita a rozvoj průmyslu, zvyšující se nároky na dopravu atd.

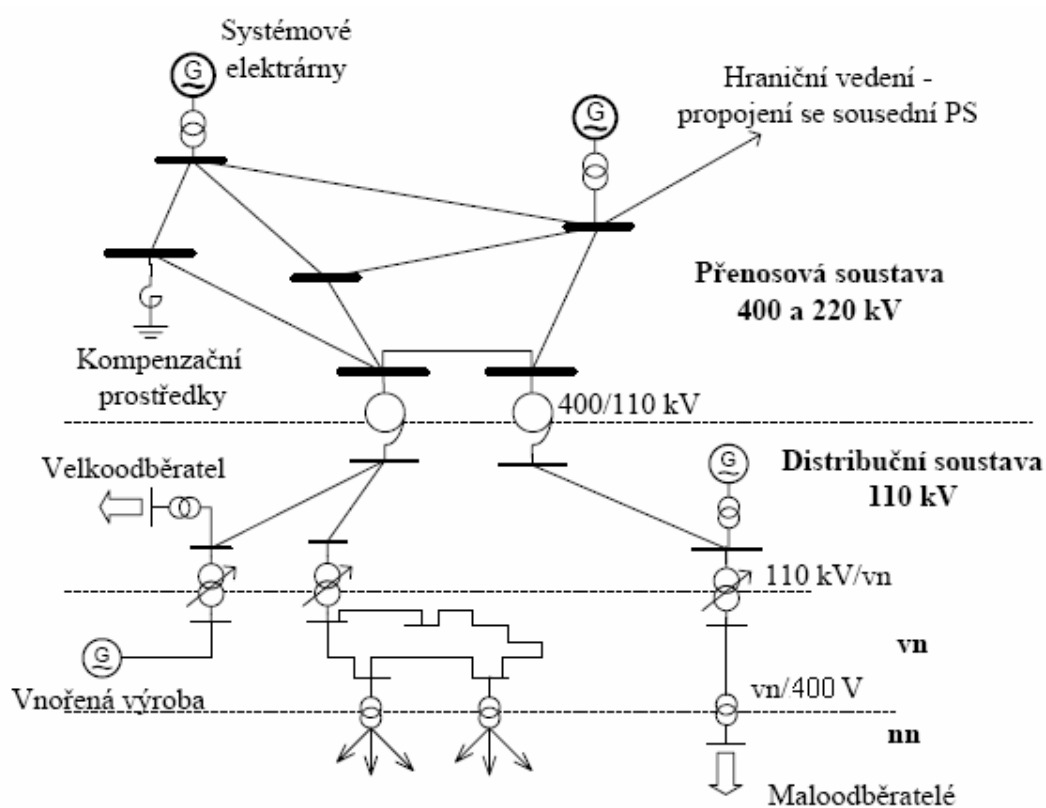
Tato skutečnost vede k neustálému rozvoji energetických zdrojů a také má za následek nedostačující přenosovou kapacitu stávajících vedení, což je příčinou vysokých ztrát a poruchovosti těchto sítí. Tyto nedostatky vedou ke snížení spolehlivosti dodávky elektrické energie.

Tento problém je možné vyřešit přechodem ze stávající hladiny napětí na hladinu vyšší. Vyšší hladina napětí nám zajišťuje přenášení větších výkonů při menších ztrátách, a také úbytku napětí na vedení. Cílem této diplomové práce je zhodnotit stávající stav 10kV sítě v Ostravě – Porubě. Navrhnout optimální variantu přechodu na 22kV s respektováním výstavby nových zdrojů a rekonstrukcí stávajících a provést technicko - ekonomické zhodnocení této varianty.

1. Druhy energetických sítí a jejich dimenzování

1.1 Elektrizační soustava

Elektrizační soustava je vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci, distribuci a konečné užití elektrické energie, včetně elektrických přípojek a přímých vedení, systémů měřicích, ochranných, řídicích, zabezpečovacích, informačních a telekomunikačních techniky. Hlavními vazbami v soustavě umožňující plynulé předávání výkonu jsou elektrické sítě. Elektrizační soustava tvoří vysoce centralizovaný systém s propracovanými metodami řízení. [6]



Obr.1.1 Zjednodušené schéma elektrizační soustavy [6]

Hlavní částí ES je **přenosová soustava** (PS), někdy nazývaná také jako tzv. “páteřní síť” a je charakterizovaná:

- zasmyčkovanou sítí o napětí 400 a 220 kV
- vyvedením výkonu velkých tzv. systémových elektráren
- propojením do soustav sousedních států pomocí hraničních vedení.

Na přenosovou soustavu navazuje **distribuční soustava** (DS) charakterizovaná:

- několika napěťovými úrovněmi od 110 kV až po síť nízkého napětí (nn)
- sítě jsou radiální (na úrovni 110 kV a nn) a nebo okružní (na úrovni vn)
- jsou z ní zásobováni odběratelé.
- jsou do ní vyvedeny zdroje nižšího výkonu (nazývaná také distribuovaná nebo vnořená výroba). [6]

Charakteristické údaje pro ES v ČR

Tab.1.1

U_N [kV]	I'_K [kA]	Maximální S_N -trasformátorů [MVA]	Přirozený výkon – S_P [MVA]	Zatížení - S_Z [MVA]
400	40-60	500 (400/110kV)	550	1250
220	20-30	200 (220/110kV)	150	250
110	15-30 (2x traf.) 9-15 (1x traf.)	63 (VVN/VN)	30	90
vn (22kV)	15	1,6-2,5 (VN/NN)	1-2	10
nn	2-40			

Z předchozího vyplývá, že elektrické sítě v ČR můžeme rozdělit do několika základních skupin z hlediska napěťové hladiny a to na zvn, vvn, vn a nn.

1.1.1 Síť zvn a vvn

Oblast zvn je v ČR zastoupena vedeními na hladině 400kV, sítě vvn jsou na hladinách 220 kV a 110 kV. Tyto sítě se provozují s přímo uzemněným uzlem. Z hlediska propojení jsou provozovány jako okružní sítě, v případě 110 kV i jako paprskové nebo formou tzv. průběžných rozvodů. Základním úkolem těchto sítí je propojení uzlů, do kterých je el. energie přiváděna z výrobních jednotek, a uzlů, ze kterých je přenášena do rozvodných soustav tak, aby rozložení výkonu v celé oblasti bylo optimální. Nejčastěji jsou prováděny venkovním vedením. [1, 2]

1.1.2 Sítě vn

Sítě vn se provozují na hladinách 35 kV, 22 kV, 10 kV, 6 kV. V sítích vn se používá propojení paprskovým i okružním způsobem. Jsou prováděny jak v kabelovém, tak ve venkovním vedením. Jejich účelem je přivést elektrickou energii ke koncovému spotřebiteli. Na sítě vn jsou přímo připojeny podniky, velká společenská zařízení jako obchodní domy, nemocnice, divadla, atd. Z hlediska uzlu jsou provozovány jako nepřímo (neúčinně) uzemněné a nebo izolované. [1, 2]

1.1.3 Sítě nn

Provozují se na napěťové hladině 400V/230V. Stejně jako u sítí vvn tak i u těchto sítí je uzel napájecího transformátoru přímo spojen se zemí. Význam těchto sítí je stejný jako u vn tzn. rozvod elektrické energie ke spotřebitelům. Převážně jsou prováděny v kabelovém provedení, výjimkou jsou nn sítě v řídké osídlených oblastech, kde mají podobu klasických venkovních vedení. Provozují se jako průběžné nebo okružní, v případě hustěji obydlených míst se provozují jako mřížové. [1, 2]

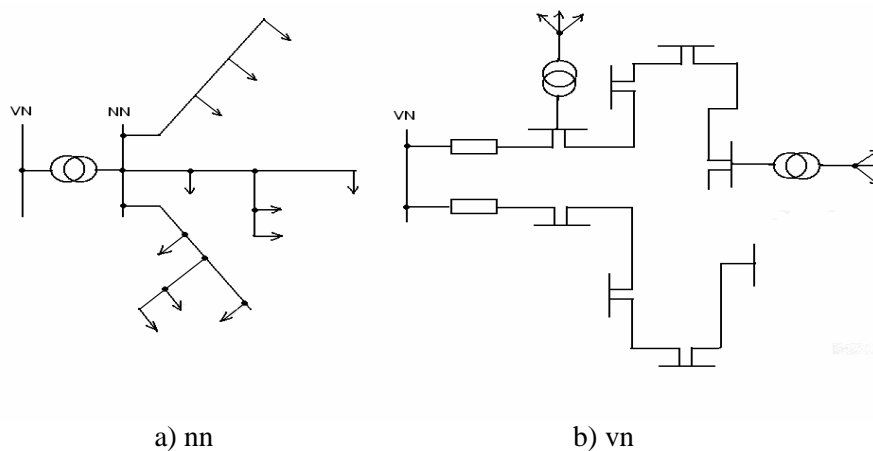
Charakteristika sítí v ČR

Tab 1.2

Napětí	Provoz uzlu sítě	Řešení sítě		Konstrukční provedení		Dispečink	Přenos - ČEPS
		projekt	provoz	stanice	vedení		
400 kV 220 kV	Účinně uzemněná síť	Okružní	Okružní	Venkovní, ojedinele zapouzdržené	Venkovní, ojedinele kabelové	Ústřední dispečink	
110 kV		Okružní	Paprsková síť			Podnikový dispečink	
vn	Izolovaná síť	Okružní nebo paprsková síť (méně důležité rozvody)	Paprsková síť někdy i okružní provoz	Převážně vnitřní: -kobkové -skříňové -zapouzdržené	Kabelová (města, průmysl) i venkovní	Rajónní dispečink	
	Neúčinně uzemněná síť přes tlumivku nebo odpor						
nn	Účinně uzemněná síť (střední vodič)	Okružní nebo paprsková	Paprsková síť	Vnitřní (skříňové rozvodnice)	Převážně kabelová (města, průmysl) i venkovní	Rajónní dispečink	
		Mřížová síť	Mřížová síť				

1.1.4 Rozdělení sítí z hlediska topologie

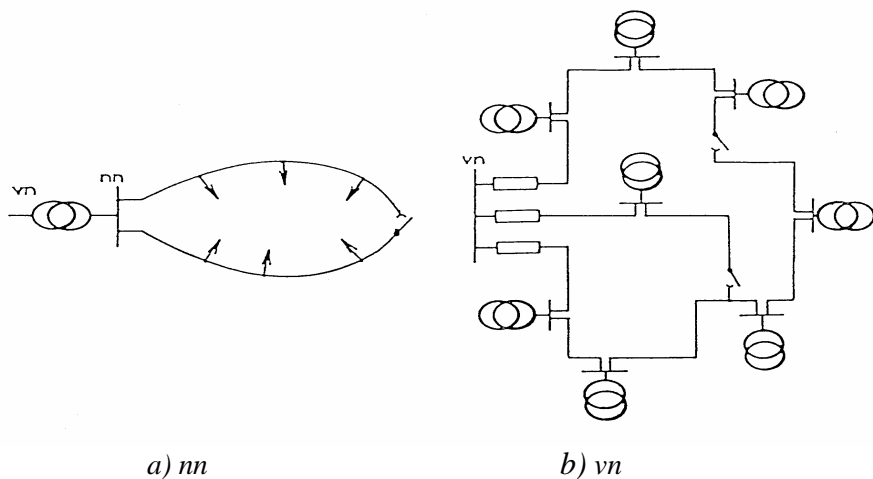
1.1.4.1 Sítě parskové radiální



Obr.1.2 Schéma parskové sítě

Z těchto sítí vycházejí vedení (kabelové nebo venkovní) z transformovny a zásobují jednotlivé odběry. Každý paprsek je samostatný a vzájemně je nelze spojovat. Paprskový způsob rozvodu je nejlevnější, ale spolehlivost zásobování je nejmenší. Tyto druhy sítí jsou využívány v obcích a malých městech. [1]

1.1.4.2 Sítě okružní



Obr. 1.3 Schéma okružní sítě

Jednotlivé polosmyčky nebo paprsky jsou vedeny tak, aby se daly sepnout. Obvykle se tyto sítě provozují jako paprskové, tedy rozepnuté.

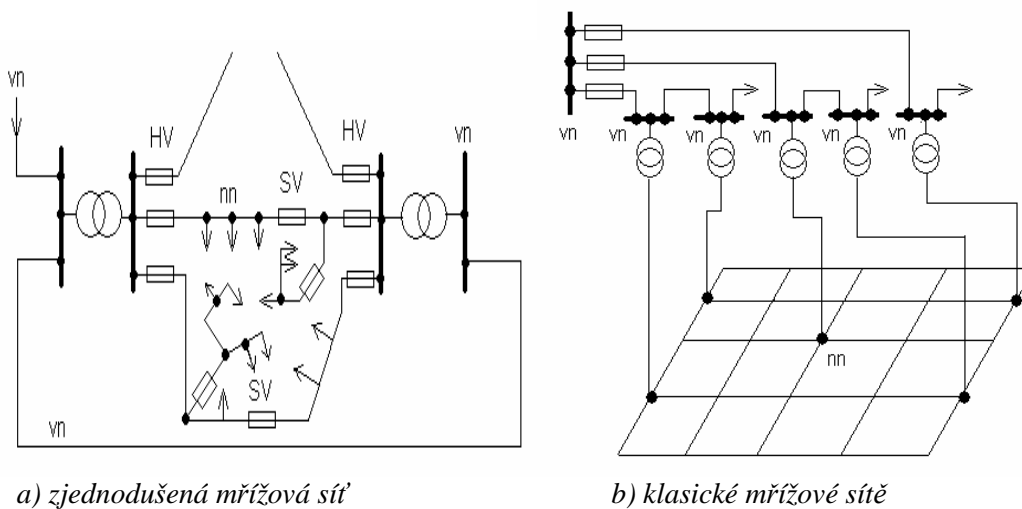
Sítě okružní jsou dražší než paprskové, protože je potřeba větších délek nezbytných vedení, ale naproti tomu je tu větší provozní jistota. Takto provozované sítě jsou také nenáročné a přehledné. Této topologie se využívá na všech napěťových hladinách. [1]

1.1.4.3 Mřížové sítě

Ve *zjednodušené podobě* je síť vlastně sepnutá okružní síť. Tyto sítě jsou sestaveny a jištěny tak, aby se vadný úsek selektivně odpojil pojistkami. Zbytek sítě tz. nepostižená část musí zůstat v provozu. Zjednodušenou mřížovou síť lze vytvořit tehdy, pracují-li do společné sítě alespoň dva transformátory. Mezi těmito stanicemi je spojení hlavním vedením (magistrála) obvykle s větším průřezem, jištěné výkonovými pojistkami. V místě kritického průřezu jsou umístěny tzv. pojistky slabé vazby, které odpojují úsek v poruše před hlavními pojistkami.

Poměr jmenovitých proudů pojistek hlavní vazby vůči jmenovitému proudu pojistek slabé vazby má být 2:1. Distribuční transformovny vn/nn jsou napájeny jedním venkovním vedením vn, případně dvěma při okružním systému vn.

Klasické mřížové sítě jsou vhodné pro napájení větších měst s hustotou 1000 kW/km² a více. Použito je několik transformoven napájených nejméně dvěma lépe větším počtem napáječů vn (třemi až pěti). Má výhody především v provozní jistotě, lepším využití transformátorů, menších ztrátách a kolísání napětí. Nejčastěji se provádějí jako kabelové sítě nn. Nevýhoda těchto sítí jsou vyšší zkratové proudy. Pro transformátory do 315 kVA se jistí výkonovými pojistkami vn, u větších jednotek pak výkonovými odpínači. Kabelové vývody se jistí pojistkami nn s pomalou charakteristikou. [1]



Obr. 1.4 Schéma mřížové sítě

1.1.5 Rozdělení sítí z hlediska zapojení uzlu

V ČR se v podstatě využívají čtyři druhy spojení uzlu se zemí. Každý druh ovlivňuje zásadním způsobem charakter vzniklé poruchy. V sítích zvn, vvn, nn se téměř výhradně využívá tzv. přímo uzemněného uzlu. Vzniklé poruchy mají charakter zkratu. U sítí vn se využívá izolovaného uzlu nebo nepřímě (neúčinně) uzemněného uzlu.

Nepřímé uzemnění se provádí buď to přes činný odpor a nebo přes proměnnou indukčnost - tzv. Petersenovu tlumivku. U těchto sítí má jednopólová porucha charakter zemního spojení (výjimku tvoří uzemnění přes odpor, kde je tato porucha klasifikována jako jednopólový tlumený zkrat).

1.1.5.1 Sítě s přímo uzemněným uzlem

Uzel vinutí napájecího transformátoru této sítě je přímo spojen se zemí. Mezi uzlem a zemí je tedy téměř nulová impedance. V naší republice se tohoto způsobu ve vn nevyužívá.

1.1.5.2 Sítě s izolovaným uzlem

Uzel sekundární strany napájecího transformátoru není při takovém způsobu provozu spojen se zemí, je tzv. izolován. Při vzniku poruchy protéká místem zemního spojení poruchový proud, jehož velikost je dána součtem izolačních svodů s celkovým zemním kapacitním proudem sítě. V místě zemního spojení dochází ke zvýšenému krokovému napětí. U takto provozovaných sítí by měla být všechna zařízení dimenzována na sdružené napětí, jelikož dochází k déle trvajícím zvýšenému napětí.

Nebezpečné přepětí, které vzniká při přerušovaném zemním spojení může způsobit další poruchy i v místech značně vzdálených od místa vzniku poruchy. Obloukové zemní spojení má destruktivní účinky. V naší republice se tyto sítě nejčastěji uplatňují v kabelových rozvodech na hladině 6 kV.

1.1.5.3 Sítě s nepřímě uzemněným uzlem přes odpor

Sítě vn mohou být provozovány s uzlem spojeným přes činný odpor. Spojení fáze se zemí je jednopólovým tlumeným zkratem. Vzhledem k velikosti vypínaných proudů musí následovat okamžité vypnutí chráněného úseku. Sít' není možné provozovat se zemní poruchou jako u kompenzovaných sítí. Odporové uzemnění uzlu se v ČR používá na hladinách vn kabelových městských sítí.

Při vzniku jednopólové poruchy v síti poklesne napětí na postižené fázi, zatímco na uzlu se zvýší téměř na hodnotu fázového napětí. Místem poruchy při jednopólovém zkratu protéká vektorový součet proudu odporu a kapacitního proudu sítě. Jeho velikost je závislá na velikosti odporníku a rozsahu napájecí sítě.

Odpor zapojený do uzlu sítě omezí velikost zkratového proudu, zmenší hodnotu dotykových napětí a působí příznivě na tlumení přepětových jevů. To má za následek snížení následných poruch, protože jsou vypínány již při jednopólové zemní poruše, tím dochází k snížení namáhání izolace vn. Poruchovost u sítí s uzlem uzemněným přes odpor je několikanásobně menší než u sítí provozovaných přes zhášecí tlumivku. U těchto sítí nedochází prakticky k vícenásobným nebo přerušovaným poruchám.

Zmenší se počet mezifázových zkratů, protože již u řady zemních spojení nedochází k propálení kabelu v místě průrazu na sousední žíly. Nevýhodou uzemněného uzlu v distribuční soustavě je okamžité vypnutí chráněného úseku. V průmyslové sítích je toto naopak výhodou, někdy i nutností. Lokální průmyslové distribuční sítě mají daleko větší možnost náhradních napájení.

1.1.5.4 Sítě s nepřímo uzemněným uzlem přes indukčnost

Většina sítí 22 KV je provozována s kompenzací kapacitních zemních proudů, proto se těmito sítím také říká sítě kompenzované. Tohoto způsobu je možné využít ve venkovních, tak i v sítích kabelových. Princip spočívá v tom, že mezi uzlem napájecího transformátoru a zemí je zapojená proměnná indukčnost – zhášecí Petersonova tlumivka, která je naladěna tak, aby při vzniku zemního spojení protékal touto tlumivkou stejný jalový proud, jako je kapacitní proud sítě, ale v opačném smyslu. V místě zemního spojení dochází k vektorovému součtu těchto dvou proudů a k jeho proudovému odlehčení, které způsobí zhasnutí oblouku.

Při absolutním vyladění zhášecí tlumivky bude protékat místem poruchy pouze zbytkový proud, který se skládá ze svodového proudu sítě, ztrátového proudu zhášecí tlumivky a proudů vyšších harmonických. Indukčnost tlumivky je paralelní rezonanci s kapacitami vodičů sítě proti zemi. Kompenzace kapacitních zemních proudů nám zajišťuje, že místem zemního spojení protéká jen malý proud, takže nedochází k větším škodám. Kompenzovaný způsob provozu sítě, umožňuje provozovat vedení se vzniklou poruchou po dobu potřebnou k nalezení místa poruchy, z toho vyplývá, že doba přerušování dodávky je mnohem kratší.

1.2 Dimenzování sítí vn

Rozvodná (distribuční) elektrická síť vn musí vyhovovat následujícím parametrům:

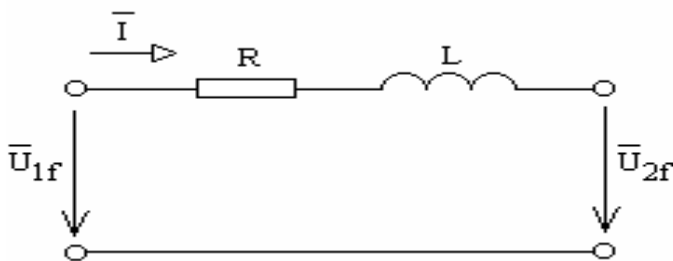
- Úbytek napětí musí být v povolené toleranci,
- Výkonové ztráty nesmí překročit povolenou mez,
- Odolávat účinkům zkratů,
- Snášet oteplení provozním proudem,
- Odolat mechanickému namáhání,
- Splňovat podmínky pro ekonomický provoz,
- Spolehlivost dodávky elektrické energie,
- Vyhovět nárokům na bezpečnost provozu.

Dimenzování vodičů mohou ovlivňovat ještě další parametry, jako např. : provozní napětí, izolační hladina, vlivy na sdělovací zařízení apod.. Vlivem těchto parametrů může docházet ke změnám průřezu vodičů. [1, 2]

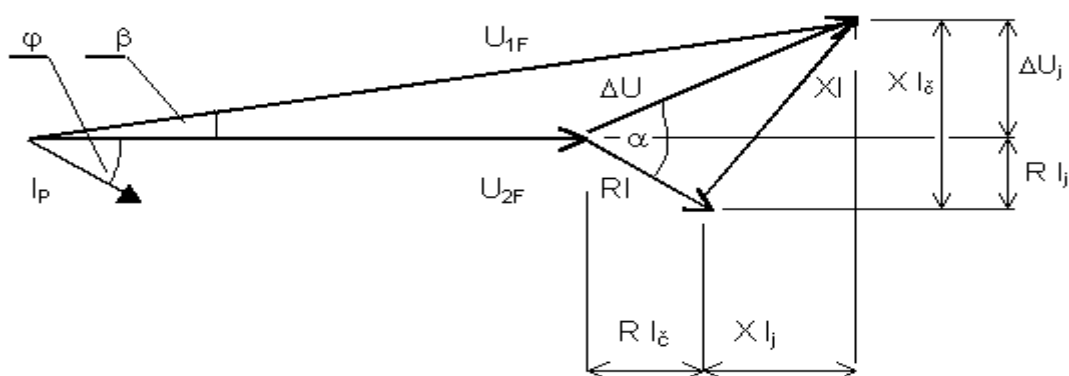
1 2.1 Úbytek napětí v elektrických sítích

Dimenzování vodičů a kabelů musí být prováděno tak, aby při předpokládaném zatížení nedocházelo k nedovolenému poklesu napětí. Úbytek napětí na daném vedení tedy nemůže přesáhnout dovolenou hodnotu úbytku napětí.

Výpočet úbytku napětí lze provést na základě znalostí výpočtového proudu daných spotřebičů a příslušné konfigurace sítě. Pro tento výpočet je také nutno provést úvahu o respektování jednotlivých parametrů vedení. Ve většině výpočtů zanedbáváme některé parametry vodičů. [4]



Obr.1.5 Náhradní schéma pro vedení



Obr.1.6 Fázorový diagram

kde: α - tzv. úhel vedení $\Leftrightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{X}{R}$ - poměr indukativní reaktance a odporu vedení,

je-li $\alpha = \varphi$ je hodnota jalové složky úbytku napětí ΔU_i rovna nule.

β - zátěžný úhel – u běžných vedení VN jeho hodnota nabývá velmi malých hodnot (do 3°).

Úbytek napětí je rozdíl mezi napětím na začátku a na konci vedení. Můžeme ho popsat touto rovnicí:

$$\overline{\Delta U} = \overline{U_{1f}} - \overline{U_{2f}} \quad [\text{V}] \quad [1.1]$$

Tuto rovnici lze rozvést s použitím komplexního zápisu na tvar:

$$\overline{\Delta U} = \bar{I} \cdot \bar{Z} = (I_{\varepsilon} \pm I_j) \cdot (R + jX) = (RI_{\varepsilon} + XI_j) + j(XI_{\varepsilon} + RI_j) = \Delta U_{\varepsilon} + j\Delta U_j \quad [V; A; \Omega] \quad [1.2]$$

kde : $\overline{\Delta U}$ fázor úbytku napětí [V]

 $\overline{U_{1f}}$ fázor napětí na začátku vedení [V] $\overline{U_{2f}}$ fázor napětí na konci vedení [V] \bar{I} vektor zdánlivého proudu [A]

I_c, I_j činná , jalová složka proudu [A]

 \bar{Z} vektor impedance jedné fáze vedení $[\Omega]$

R elektrický odpor jedné fáze vedení [Ω]

 jX induktivní reaktance (jalový charakter) $[\Omega]$

ΔU_{ε} činná složka úbytku napětí [V]

$j\Delta U_j$ jalová složka úbytku napětí

Činná složka ovlivňuje velikost napětí, imaginární složka ovlivňuje velikost úhlu mezi napětími U_{1f} a U_{2f} . Tento úhel bývá v praxi velmi malý, takže si můžeme dovolit ho pro krátká vedení zanedbat. Úbytek napětí má pak tvar:

$$\Delta U_{f\varepsilon} = RI_{\varepsilon} + XI_j = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi \quad [V; \Omega, A] \quad [1.3]$$

kde φ ... úhel mezi vektorem proudu a napětí

Úbytek napětí je možné vyjádřit i pomocí činného a jalového výkonu, pokud je známe. Vyjádření rovnice pomocí výkonů :

$$\Delta U_f = R \frac{P}{U_f} + X \frac{Q}{U_f} \quad [V; \Omega, W, \text{var}] \quad [1.4]$$

kde: P činný elektrický výkon [W]

Q jalový elektrický výkon [var]

U_f fázové napětí [V]

Dovolené odchylky napěťových hladin

NN	$\pm 10\%$
VN	$\pm 10\%$
VVN-110 kV	$\pm 10\%$
VVN-220 kV	$\pm 10\%$
ZVN-400kV	$\pm 5\%$

1.2.2 Ztrátový výkon

Pro vyjádření ztrátového výkonu využijeme vztahu pro komplexní výkon:

$$\bar{S} = 3 \cdot \bar{U} \cdot \bar{I}^* = 3 \cdot (R + jX) \cdot \bar{I} \bar{I}^* = 3 \cdot R \cdot I^2 + j3XI^2 \quad [\text{VA}; V, \Omega, A] \quad [1.5]$$

úpravou dostaneme tvar:

$$\Delta S = 3RI^2 + j3XI^2 = \Delta P + j\Delta Q \quad [\text{VA}; W, \text{var}] \quad [1.6]$$

následně upravíme na výsledný tvar charakterizující činné ztráty:

$$\Delta P = 3R(I_{\epsilon} + I_j)^2 \quad [W; \Omega, A] \quad [1.7]$$

kde \bar{S} vektor třífázového zdánlivého výkonu [VA]

\bar{U}_f vektor fázového napětí [V]

\bar{I} vektor zdánlivého proudu [A]

\bar{I}^* vektor komplexně sdruženého zdánlivého proudu [A]

I_{ϵ} činná složka proudu [A]

I_j jalová složka proudu [A]

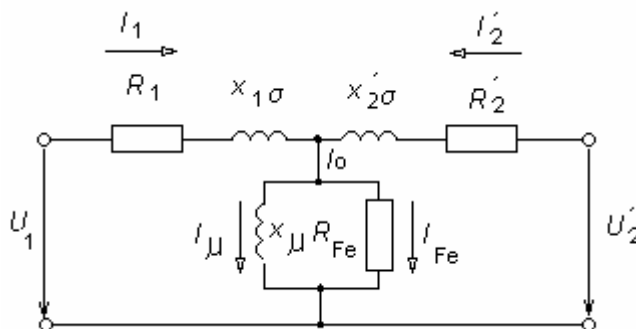
ΔS ztráty zdánlivého výkonu [VA]

ΔP ztráty činného výkonu [W]

ΔQ ztráty jalového výkonu [Var] [3]

1.2.3 Ztráty v transformátorech

Transformátory jsou součástí celé rozvodné soustavy, a proto jejich vlastní spotřebu a to jak činnou tak jalovou musíme považovat za ztráty. Ztráty se dělí na stálé, tj. naprázdno nebo-li v železe a ztráty proměnné, tj. ve vinutí. [3]



Obr.1.7 Náhradní schéma transformátoru

V praxi se určují ztráty ve vinutí z celkových ztrát zjištěných nakrátko:

$$\Delta P_V = \Delta P_k \left(\frac{I}{I_n} \right)^2 = \Delta P_k \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \quad [kW, kW, A, kVA] \quad [1.8]$$

kde S zdánlivý maximální provozní příkon transformátoru v roce nebo jiném období, pro které ztráty počítáme [VA]

S_n jmenovitý příkon transformátoru [VA]

I provozní maximální proud transformátoru [A]

I_n jmenovitý proud transformátoru [A]

Celkové činné ztráty transformátoru :

$$\Delta P_T = \Delta P_0 + \Delta P_k \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \quad [kW; kW, kVA] \quad [1.9]$$

kde ΔP_T celkové činné ztráty v transformátoru [W]

ΔP_k ztráty nakrátko [W]

ΔP_0 ztráty naprázdno [kW]

Celkové jalové ztráty v transformátoru:

$$\Delta Q_T = \frac{i_0}{100} S_n + \frac{u_k}{100} S_n \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \quad [kVar; kVA] \quad [1.10]$$

kde i_0 procentní proud naprázdno transformátoru

u_k procentní napětí nakrátko

Jalové ztráty transformátorů v sítích značnou měrou ovlivňují jalový příkon celé soustavy. Zhoršují účinník a zvyšují činné ztráty ve vedeních, protože jalové složky proudu způsobují na činném odporu vedení ztráty. V dnešní době je možné tyto ztráty značně omezit použitím speciálních transformátorových plechů. [3]

1.2.4 Proudové zatížení vodičů

Výpočtové proudy jednotlivých spotřebičů jsou určeny vztahy, které vychází z výpočtového zatížení jednotlivých spotřebičů. Toto zatížení P_p (kW) vychází z instalovaného výkonu daného spotřebiče a předpokládaného součinitele náročnosti.

Průchodem elektrického proudu ve vodiči dochází ke ztrátám a tím také dochází ke vzniku tepla. Teplo, které vznikne ve vodiči je přímo úměrné odporu vodiče a druhé mocnině protékajícího proudu.

V ustáleném stavu se musí toto teplo převést povrchem vodiče do okolí. Teplo přenášené do okolí je přímo úměrné teplotnímu rozdílu mezi povrchem vodiče (izolace) a okolí $\Delta\vartheta$ a nepřímo úměrné tepelnému odporu T (izolace i bezprostředního okolního prostředí) mezi vodičem (vodivým jádrem kabelu) a vzdálenějším okolím (již vodičem neovlivněným). [4]

$$P_p = P_l \cdot \beta \quad [kW] \quad [1.11]$$

Pro třífázové spotřebiče:

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U_s \cdot \cos \varphi} \quad [A] \quad [1.12]$$

Pro jednofázové spotřebiče:

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U_f \cdot \cos \varphi} \quad [A, kW, V] \quad [1.13]$$

Pro stejnosměrné spotřebiče:

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U} \quad [A, kW, V] \quad [1.14]$$

kde U_shodnota sdruženého napětí [V]

U_f hodnota fázového napětí [V]

Pro tepelné ztráty platí:

$$\Delta P = RI^2 = \frac{\Delta\vartheta}{T} \quad [W; \Omega, A] \quad [1.15]$$

Kde $\Delta\vartheta$ teplota vodiče (nesmí překročit povolenou mez)

Pro max. hodnotu proudu pak:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\vartheta_m}{R \cdot T}} \quad [A] \quad [1.16]$$

kde Relektrický odpor vodiče na jednotku délky [$\Omega \cdot m^{-1}$]

Ttepelný odpor vodiče na jednotku délky mezi vodičem a okolím
[KmW^{-1}]

$\Delta \vartheta_m$ max. dovolený teplotní rozdíl jádra vodiče a okolí [K]

1.2.5 Odolnost vůči zkratovým proudům

Vedení musí odolávat jak dynamickým, tak i tepelným účinkům zkratových proudů. Dynamické síly vznikají elektromagnetickým působením proudů v sousedních vodičích. Největší silový ráz způsobuje tzv. nárazový zkratový proud i_p . Je to vlastně první amplituda zkratového proudu po vzniku zkratu za předpokladu maximální stejnosměrné složky. [4]

Síla mezi vodiči vztažená na jeden metr vodiče je dána vztahem:

$$F_K = k_1 \cdot k_2 \cdot 2 \cdot \frac{i_p^2}{a} \cdot 10^{-7} [N \cdot m^{-1}] \quad [1.17]$$

kde k_1koeficient tvaru vodiče (respektuje rozložení proudů)

k_2koeficient respektující uspořádání vodičů a fázový posuv proudů

i_pnárazový zkratový proud [A]

Avzdálenost vodičů [m]

Tepelné účinky zkratového proudu mohou způsobit nepříznivě hlavně na izolaci vodičů. Zkratový proud způsobí velké oteplení, během krátké doby trvání zkratu nemůže být toto teplo odvedeno do okolí, a proto se zvyšuje teplota vodičů.

Tepelné účinky zkratového proudu se posuzují podle tzv. ekvivalentního oteplovacího proudu I_{TH} (fiktivní hodnota střídavého proudu stálé velikosti, která za dobu působení zkratu má stejné tepelné účinky jako skutečný zkratový proud). [4]

Pro minimální průřez kabelu platí s ohledem na tepelné účinky zkratového proudu vztah:

$$S_{MIN} = \frac{I_{TH} \cdot \sqrt{t_K}}{K} [mm^2] \quad [1.18]$$

kde I_{TH} ekvivalentní oteplovací proud

t_K doba trvání zkratu [s]

K koeficient, který respektuje teplotu jádra kabelu před a po zkratu

1.2.6 Mechanická odolnost vedení

Některé druhy vedení jsou mechanicky namáhány nejen při montáži, ale také při samotném provozu. Zejména jsou to venkovní vedení. Výpočet mechaniky vedení je většinou prováděn u venkovních vedení VN a VVN. Provádí se výpočty na minimální průřez vodiče s ohledem na jeho hmotnost, povětrnostní a klimatické vlivy.

1.2.7 Optimální ekonomický provoz:

Vodiče mají být dimenzovány tak, aby byly zatěžovány hospodárným proudem. Pořizovací náklady i náklady na provoz a údržbu by měly být optimální. Definování jednotlivých činitelů této optimalizace je dosti složité. Činitele můžeme rozdělit na technické a ekonomické. Technické činitele můžeme určit měřením a výpočtem, ekonomické činitele mají návaznost na ceny materiálů, energie atd..

Doba plných ztrát (T)

$$T = t \cdot \left[0,2 \cdot \frac{A}{P_p \cdot t} + 0,8 \cdot \left(\frac{A}{P_p \cdot t} \right)^2 \right] \quad [\text{hod.rok}^{-1}] \quad [1.19]$$

kde A energie přenesená vedením za rok [kWh]

T počet provozních hodin připojeného zařízení za rok [hod]

P_p přenášený výpočtový výkon [kW]

Doba plných ztrát je definována jako čas za který by maximální výpočtové zatížení způsobilo ve vedeních stejné ztráty jako skutečné zatížení za jeden rok. Pokud je doba plných ztrát vyšší než asi 1000 hodin ročně a je předpoklad, že zařízení bude v činnosti aspoň 10 let, určí se z grafů v normě (ČSN 341610) specifická hospodárná hustota proudu. [3]

Nebo se vypočte hospodárný průřez jedné fáze vedení podle vztahu:

$$S = k \cdot I_p \cdot \sqrt{T} \quad [\text{mm}^2] \quad [1.20]$$

kde I_p výpočtový proud [A]

k součinitel dle tabulky

2. Problematika změny napěťové hladiny

Změnu z nižší hladiny napětí na vyšší je možno chápat jako určitou modernizaci stávajícího sítě za účelem zvýšení přenosové schopnosti, snížením ztrát apod. Hlavním důvodem této modernizace je neustále se navyšující spotřeba elektrické energie. Přechod na vyšší napěťovou hladinu je doprovázen spoustou změn ve stávající síti. Tyto změny jsou náročné jak z technického tak i ekonomického hlediska.

2.1 Základní hlediska návrhu nové sítě

2.1.1 Dynamický návrh sítě s ohledem na zvětšující se zatížení

Pouze minimum elektrických sítí se v praxi navrhuje na konstantní maximální zatížení. Většina elektrických vedení je stále více zatěžována a z tohoto důvodu je také obtížné navrhnout hospodárny průřez vodičů. Obtížnost spočívá hlavně v neurčitosti budoucího vývoje zatížení a celkový návrh je také do značné míry ovlivněn budoucí konfigurací sítě, rozložením zdrojů a také spotřeby na uvažovaném území.

Budoucí rozvoj zatížení je ovlivňován spoustou faktorů jako např. hospodářské krize, války apod. a není tedy možné přesné určení budoucího zatížení. Kvalitní návrh sítě však musí vyhovět i takto nepředvídatelnému vývoji co možná nejlépe. Předpoklad dobrého dynamického návrhu je založen na určení optimální rezervy zatížení a to tak, aby síť snesla budoucí růst a výkyvy v zatížení. Tato rezerva nesmí být příliš velká, aby nedošlo k nadměrnému předimenzování sítě a tím i k zbytečně velkým investičním nákladům. Velikost rezervy se také volí s ohledem na délku životnosti sítě respektive vedení, která je cca 30 – 40 let.

Z předešlých informací je zřejmé, že nejde stanovit přesná pravidla, která by stanovovala obecný postup pro dynamický návrh sítí, proto se pro každou síť musí volit individuální řešení. [3]

2.1.2 Ztráty v navrhované síti

Ztráty energie v přenosu a rozvodu elektrické energie jsou rozdílem mezi energií dodanou na vstupní straně zařízení a energií na výstupní straně zařízení. Ztráty se v podstatě dělí na technické a obchodní. Technické ztráty jsou bez užítu pro celou společnost. Obchodní ztráty představují finanční ztrátu pro provozovatele. [2, 3]

Technické ztráty můžeme dále rozdělit podle místa jejich vzniku a to na :

- ztráty způsobené transformací,
- ztráty v elektrických vodičích rozvodu,
- ztráty přídatné (kompenzací, nedokonalou izolací atd.).

Dalšími hledisky podle, kterých je možné dělit technické ztráty jsou:

- ztráty naprázdno (transformátory v chodu naprázdno, svod, koróna),
- ztráty závislé na zatížení.

Při výpočtu ztrát transformátorů se uvažuje míra využití jmenovitého výkonu. Pro ztráty výkonu v transformátoru platí vztah známý z předcházejícího textu.

$$\Delta P_T = \Delta P_0 + \Delta P_k \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \quad [kW; kW, kVA] \quad [2.1]$$

Pro ztráty energie transformátoru za rok můžeme psát:

$$W_T = \Delta P_0 \cdot T_0 + \Delta P_k \left(\frac{S_{SK}}{S_n} \right)^2 \cdot t_z \quad [kWh \cdot r^{-1}] \quad [2.2]$$

kde: S_{SK} výkon skutečně dodávaný transformátorem [MVA]

T_p počet hodin v provozu za rok [$h \cdot r^{-1}$]

t_z doba plných ztrát transformátoru [$h \cdot r^{-1}$]

Tyto vzorce nerespektují změnu velikosti napětí, která je pokládána za konstantní a je rovná jmenovité hodnotě. Ztráty v elektrických vedení klesají se zvětšujícím se průřezem, to má za následek zvýšení cen vodičů.

Roční provozní náklady jsou tvořeny :

- náklady na ztráty elektrické energie,
- náklady na odpisy z vynaložených investic.

Ekonomicky vyvážený vztah mezi těmito dvěma vztahy je základní problematikou úvah při řešení jednotlivých alternativ. Ztráty energie za rok ve trojfázových vedeních se stejným zatížením fází, jsou při rozdílném uspořádání podél vedení dány vztahem:

$$W_{vod} = k_e \cdot R \cdot I_{\max}^2 \cdot t_z \cdot 10^{-3} \quad [kWh \cdot r^{-1}] \quad [2.3]$$

kde: R rezistance vodiče [Ω],

I_{\max} efektivní hodnota maximálního provozního proudu, tekoucího do vedení,
na jeho začátku [A],

t_z doba plných ztrát vedení [$h \cdot r^{-1}$],

k_e činitel závislý na uspořádání odběrů podél vedení.

Tento způsob se využívá jak u venkovních tak i u kabelových rozvodů. Podmínkou je znalost jednotlivých průřezů vodičů. Dále počítáme s s hospodárnou hustotou proudu, která odpovídá době plných ztrát.

Do vztahu pro výpočet ztrát dosadíme hospodárnou hustotu proudu, takže výsledná rovnice bude ve tvaru:

$$W_{vod} = k_e \cdot \rho \cdot l \cdot J_{ek}^2 \cdot A \cdot t_z \cdot 10^{-3} \quad [kWh \cdot r^{-1}] \quad [2.4]$$

kde: ρ rezistivita vodiče [$\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$],

l je délka vodiče [m]

J_{ek} hospodárná hustota proudu [$A \cdot mm^{-2}$],

Výpočet poskytuje dostatečné výsledky požadované projektem. Výsledné ztráty jsou vyjádřeny součtem ztrát v jednotlivých odběrech, tvoří je součet ztrát transformacemi a ztrát ve vodičích vedení. Pokud bude počet transformací nejméně možný a budou-li transformátory a vodiče vedení dimezovány hospodárně, tak i ztráty budou v hospodárných mezích.

Za obchodní ztráty (netechnické ztráty) lze považovat např.: černý odběr, nesprávně měřený odběr v neprospěch provozovatele, neoprávněné výhody atd.

Obvyklé prostředky pro snižování ztrát jsou :

- přechod na vyšší hladinu napětí,
- kompenzace jalového výkonu,
- výměna vodičů (v některých případech je nutno zvolit vodiče, které jsou méně vhodné z hlediska ztrát, důvodem bývá např. mechanická odolnost apod.),
- zmenšení ztrát způsobených korónou, což se týká hlavně vedení na hladinách vvn a zvn,
- vhodné zapojení v soustavě s ohledem na ztráty výkonů (rozdělení výkonů v prvcích soustavy, paralelní chod transformátorů, účelné rozpojení sítí atd.),
- snížení nesouměrnosti zatížení v distribučních soustavách,
- pečlivá údržba (odstraňování nedokonalých spojů, pravidelné čištění zařízení atd.).

2.1.2.1 Vztah úbytku napětí ke ztrátám v navrhované síti

Procentní úbytek napětí při účinníku $\cos \varphi = 1$ vedení zatíženého na konci je roven :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot R \cdot I}{U} \cdot 100 \quad [\%, A; \Omega; V] \quad [2.5]$$

Procentní ztráty stejného vedení souměrně zatíženého :

$$\Delta P = \frac{3 \cdot R \cdot I^2}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot R}{U} \cdot 100 \quad [\%] \quad [2.6]$$

tz. číselnou rovnost :

$$\Delta U = \Delta P \quad [\%] \quad [2.7]$$

Pro vedení rovnoměrně zatížené po celé délce platí :

$$\Delta U = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot R \cdot I}{U} \cdot 100 \quad [\%] \quad [2.8], \quad \Delta P = \frac{R \cdot I^2}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot R \cdot I}{U} \cdot 100 \quad [\%] \quad [2.9]$$

nebo-li číselná procentní hodnota ztrát je menší než číselná procentní hodnota úbytku napětí.

$$\frac{\Delta P}{\Delta U} = \frac{2}{3} \quad \text{nebo-li} \quad \Delta P = \frac{2}{3} \cdot \Delta U \quad [\%] \quad \text{platí pro vedení rovnoměrně zatížené.}$$

Pokud $\cos \varphi$ není roven 1, potom u vedení zatíženého na konci a při současném $X \approx 0$ je

výsledný vztah pro procentní úbytek napětí :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot R \cdot I \cdot \cos \varphi}{U} \cdot 100 \quad [\%] \quad [2.10]$$

Pro ztráty platí:

$$\Delta P = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot R}{U \cdot \cos \varphi} \cdot 100 \quad [\%] \quad [2.11]$$

Po úpravě dostaneme :

$$\Delta P = \frac{\Delta U}{\cos^2 \varphi} \quad [\%] \quad [2.12]$$

Je zřejmé, že sítě s velkým úbytkem napětí mají také velké ztráty. V městských sítích je poměrně obtížné ztráty měřit i počítat, obvykle se odhadují. Velikost úbytku napětí může být přibližným ukazatelem velikosti ztrát v procentech. [3]

2.1.4 Spolehlivost dodávky elektrické energie v navrhované síti

V současné době se jedním z hlavních kritérií provozu elektrické sítě stává spolehlivost dodávky elektrické energie spotřebitelům. Toto kritérium bude pro energetické společnosti ještě důležitější v okamžiku, kdy dojde k ocenění penalizačních poplatků za nedodržení obecných a garantovaných standardů.

Obecné standardy, kde zákazníci mají právo očekávat předem definovanou úroveň služeb, uvádí:

- standard souhrnného přerušení dodávky elektřiny,
- standard četnosti přerušení dodávky elektřiny.

Tyto standardy zahrnují každé přerušení dodávky zákazníkovi s dobou trvání delší než 3 minuty, bez ohledu na to, zda příčina vzniku byla v zařízení provozovatele distribuční nebo přenosové soustavy nebo v zařízení jiného provozovatele. Za přerušení se přitom nepovažuje přerušení dodávky u zákazníka, jehož příčinou je jeho vlastní odběrné zařízení nebo elektrická přípojka v jeho vlastnictví a není při tom omezen žádný další zákazník.

Obecné standardy vyjadřují průměrné hodnoty za celou DS, provozovatel DS jejich dodržení v jednotlivých odběrných místech nezaručuje. Na vyžádání je možné od provozovatele DS získat hodnoty těchto standardů, týkající se jednotlivých napájecích bodů sítí vn, tj. pro přípojnice vn transformoven 110 kV/vn.

Vzhledem k charakteru těchto přerušení, ke kterým dochází jednak při poruchových stavech, jednak při vynucených a plánovaných vypnutích, se vždy jedná o hodnoty průměrné za určité sledované období, jejichž dodržení není možné obecně zaručovat.

2.2 Charakteristické změny v síti při přechodu na vyšší napěťovou hladinu

Při tomto druhu modernizace stávající sítě, dochází v této síti k mnoha změnám. Veškerá zařízení stávající sítě, jejichž parametry neumožňují chod na nově zvolené napěťové hladině musí být vyměněna. Ještě před zahájením této výměny je však nutností u některých zařízení diagnostikovat jejich stav vzhledem k jejich stáří.

Toto se týká hlavně výměny kabeláže, jelikož některé druhy kabelů, které byly vyměněny v nedávné době mohou vyhovovat i podmínkám v nové síti. Výměna by tak představovala zbytečnou investici.

Dále může docházet také ke změně rozložení napájecích zdrojů k jednotlivým oblastem, popřípadě k úplné změně topologie sítě apod. Je však zřejmé, že každá síť si žádá individuální přístup a individuálně se tedy musí přistupovat také k návrhu sítě nové.

Obsah můžeme mezi typické změny zařadit tyto:

- Rekonstrukce stávajících rozvodů,
- Výstavba rozvodů nových,
- Rekonstrukce stávajících DTS,
- Výměna nevyhovující rozvodné kabeláže apod..

Návrh a realizace výše uvedených změn, musí být v souladu s požadavky, kterým musí vyhovět každý silnoproudý rozvod. Tyto požadavky jsou podrobně popsány v normách k tomu určených.

Mezi základní požadavky patří tyto :

- **Bezpečnost osob i věcí** – tento požadavek má zajistit, aby elektrický rozvod, krytí nebo ochranné prvky obecně byly provedeny tak, aby nedošlo k úrazu elektrickým proudem, popřípadě ke vzniku požáru nebo jinému nežádoucímu účinku elektrické energie,
- **Provozní spolehlivost** – znamená že elektrický rozvod musí být proveden tak, aby elektrická energie byla v požadovaném množství k dispozici okamžitě, jakmile bude potřeba,
- **Přehlednost provozu** – je požadavkem, který má svůj význam především v rozvodnách a zařízeních, kde je soustředěno větší množství elektrických přístrojů a předmětů,
- **Možnost rychlého odstranění poruch** – poruchy v elektrickém rozvodu jsou nežádoucím jevem a o jejich rychlé odstranění se starají především elektrické ochrany. Správná funkce ochrany výrazně snižuje následky poruch,
- **Hospodárnost provozu** – elektrická zařízení mají být provozována tak, aby pracovala s co největší účinností a co nejmenšími ztrátami,
Zároveň musí být zařízení v rozvodu elektrické energie navržena takovým způsobem aby byly využity průřezy vodičů i jmenovité výkony elektrických přístrojů,
- **Hospodárné využití typizovaných opakovaných celků** – v elektrických silnoproudých rozvodech se vyskytují jednotlivá zařízení a elektrické přístroje v určitých typizovaných velikostech. Jsou to např. rozváděče, transformovny, odpojovače, vypínače a další zařízení rozvodů při různých napěťových hladinách. Výběr těchto zařízení musí být takový, aby bylo zajištěno jejich hospodárné využití v provozu a aby se netvořily zbytečné veliké rezervy ve výkonech, v použitých materiálech i v celých zařízeních. [3]

3. Popis stávajícího stavu konkrétní oblasti

V oblasti Ostrava – Poruba se v současné době provozují tři hladiny napětí a to 6kV, 10kV, 22kV. Největší celek tvoří distribuční soustava 10kV, tato je rozdělena na dvě části. Jedna část je napájena přímo z rozvodny Martinov, druhá část je napájena ze spínací rozvodny Poruba B (viz. příloha č.6). Propojení mezi Martinovem a Porubou B je realizováno přes vývody č.1001-1004. Poruba B má také svou 22kV část, která je napájena přes vývod č.183 z rozvodny Třebovice. Z této rozvodny je také napájena spínací rozvodna Poruba A a to přes vývod č 182 (viz příloha č.7).

Tato spínací rozvodna obsahuje mezitransformaci z 22kV na 6kV, která je realizována prostřednictvím dvou transformátorů T21 a T22 (viz příloha č.5). V síti 10kV je realizováno celkem 95 distribučních transformačních stanic (DTS). Celkový instalovaný výkon DTS je 47,86MVA, do této hodnoty nejsou zahrnuty velké odběry VŠB Energ. a FNO u nichž je stanoveno technické maximum na 1,75 MW u prvně jmenovaného a 4,5MW u druhého (subjekty mají vlastní kabelový rozvod s větším počtem transformačních stanic a skutečný instalovaný výkon není k dispozici).

3.1 Rozvodna Martinov

Jedná se o rozvodnu z transformací 110/10kV. Vvn část této rozvodny je venkovního provedení, vn část je řešena vnitřním skříňovým provedením s dvojitým systémem přípojníc. Tato rozvodna je vybavena transformátory typu **ERZ 33 M-0** o výkonu 40 MVA. Provedení těchto transformátorů je venkovní a jsou kryty přístřeškem. Transformátory pracují do systému dvojitých přípojníc tz. trvale zatížen je vždy jen jeden transformátor, druhý slouží jako rezerva.

Parametry transformátorů

Tab.3.1

Rozvodna	Pole	Sn [MVA]	Un prim [kV]	Un sek [kV]	Un terc [kV]	zapojení	In prim [A]	In sek [A]	In terc [A]	ek 1 -2 [%]	Pfe [kW]	Pk [kW]	Io [A]
TR Martinov	T101	40	110	10,5	[6,3]	Yyn0/d1	210	2199	[1146]	11,5	20	120	0,67
	T102	40	110	10,5	[6,3]	Yyn0/d1	210	2199	[1146]	11,06	20	120	1,5

Zkratové poměry rozvodny

Tab.3.2

Rozvodna		S _{k 3f} [MVA]	I _{k 3f} [kA]	S _{k 1f} [MVA]	I _{k 1f} [kA]
R 110 kV Martinov	Vypočtená maxima	2830	14,80	2490	13
R 10 kV Martinov	Vypočtená maxima	234	13,49		

Pozn:

- Výpočty neuvažují s TR 400/110 kV v Kletné.
- U transformace 110/VN jsou výpočty provedeny vždy pro jeden TR s nejvyšší hodnotou příspěvku do zkratu.



a) TR Martinov – Rozvodna 110 kV



b) TR Martinov – Rozvodna 22 kV



c) Transformátor – ERZ 33 M-O

Obr.3.1. Ukázka rozvodných zařízení a transformátoru v TR Martinov

3.2 Rozvodna Třebovice

Tato rozvodna umožňuje transformaci 110kV/22kV a je součástí elektrárny Třebovice. Vvn část je stejného provedení jako u rozvodny Martinov, vn část je řešena vnitřním kobkovým provedením. Ve vlastnictví ČEZ Distribuce a.s. je transformátor typu **TRP 40000-123/CB** o výkonu 40 MVA.

Parametry transformátorů

Tab.3.3

Rozvodna	Pole	Sn [MVA]	Un prim [kV]	Un sek [kV]	Un terc [kV]	zapojení	In prim [A]	In sek [A]	In terc [A]	ek 1-2 [%]	Pfe [kW]	Pk [kW]	Io [A]
Třebovice	T26	40	110	23	[6,3]	Ynyn0/d5	210	1004	[1146]	11,7	20,9	116,7	0,13

Zkratové poměry rozvodny

Tab.3.4

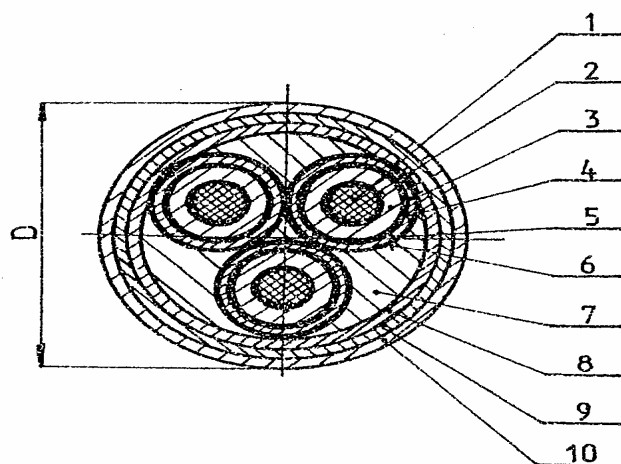
Rozvodna		$S_k''_{3f}$ [MVA]	$I_k''_{3f}$ [kA]	$S_k''_{1f}$ [MVA]	$I_k''_{1f}$ [kA]
R 110 kV Elektrárna Třebovice	Vypočtená maxima	3024,70	15,88	2910,10	15,27
R 22 kV Elektrárna Třebovice	Vypočtená maxima	427,10	11,21		

3.3 Rozvodná kabeláž

Stávající rozvod 10kV je tvořen převážně kabely typu ANKTOYPV 3x240 mm² o celkové délce 80302m, zbývající kabeláž tvoří kabely typu AXEKCY 3x1x240 mm² o celkové délce 4134m.

Popis kabelu ANKTOYPV

Tyto kabely mají trojplášťový charakter a skládají se z napuštěné papírové izolace, olověného pláště, pancíře z ocelových pásků a vlákninového obalu. Mají zvláštní antikorozi úpravu. Používají se ve vn do 35kV a jsou určeny pro volné uložení na nosné konstrukce, do výkopu, do tvárnic apod. [5]



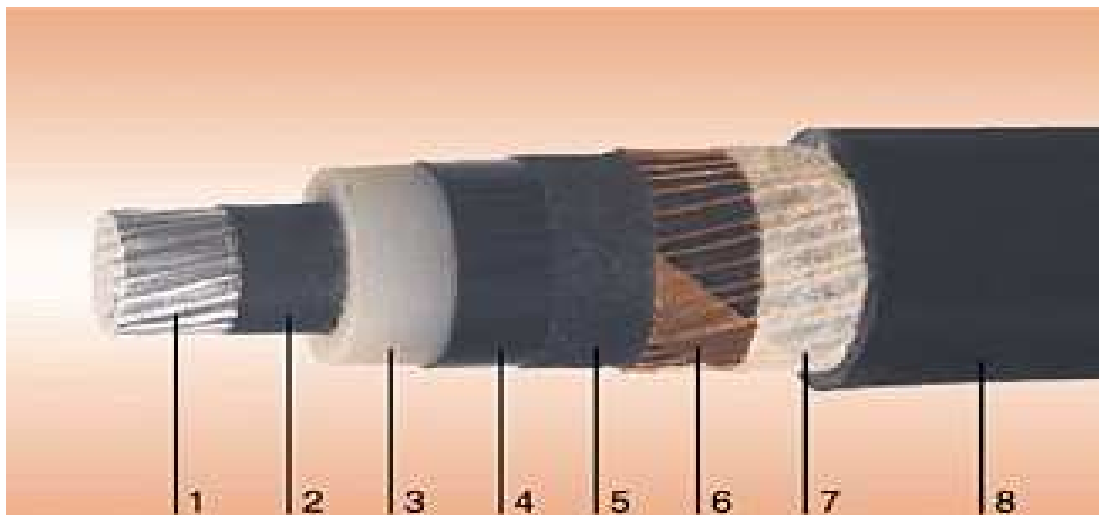
Obr.3.2 Řez kabelem

Konstrukce:kabelu :

1. Jádro hliníkové složené,
2. Stínění jádra polovodivé papírové,
3. Izolace z napuštěného papíru,
4. Stínění na izolaci,
5. Plášť z olova, zesílený,
6. Zvláštní protikorozi ochrana, bezešvá,
7. Výplňová vložka,
8. Polštář,
9. Pancíř z ocelových pásků,
10. Vlákninový obal.

Popis kabelu AXEKCY

Tento druh kabelu je jednožilový, celoplastový s hliníkovým jádrem. Izolace je tvořena zesíťným polyetylenem.. Používá se pro kabelové vedení do 35 kV ve venkovním prostředí, v zemi, pro vnitřní prostředí a v kabelových kanálech. [5]



Obr.3.3 Řez kabelem

Konstrukce kabelu :

1. Hliníkové jádro,
2. Vnitřní polovodivá vrstva,
3. Izolace ze zesíťného polyetylenu,
4. Vnější polovodivá vrstva,
5. Polovodivá páska,
6. Stínění měděnými dráty s protispirálou z měděné pásky,
7. Nevodivá páska,
8. Vnější plášť.

3.4 Výpočty stávající sítě Ostrava – Poruba

3.4.1 Obecná metodika výpočtu sítí

Při výpočtu sítí se přihlíží k mnoha hlediskům, která mohou být i protichůdná. Nutností je zvážit všechna hlediska a počítat síť pro nejhorší případ. Krátká venkovní vedení vn, nn počítáme na úbytek napětí ΔU , protože maximálního dovoleného zatížení je $I_{\max} = I_{\text{dov}}$.

V tomto případě je tedy kritérium ΔU . Na druhou stranu u městských sítí je třeba dbát, aby vedení nebylo přetíženo, zatímco dovoleného úbytku napětí se často nedosahuje. Výpočet sítě je nutné podřídit ještě dalším hlediskům, přičemž některá z těchto hledisek mohou být pro návrh sítě rozhodující, jako např. zkratové výkony atp..

Návrhy sítí jednoduchých i složitých posuzujeme a počítáme dle zásad a hledisek pro dimenzování sítí (tato jsou uvedena v kapitole 1.2). Tyto kritéria však nemusejí být dostačující pro optimální návrh a výpočet sítě. Z tohoto důvodu se zavádí další hlediska jako např. posouzení vedení nebo variant sítí podle výpadků a posouzení návrhu sítí podle nejmenších nákladů. Tyto dvě hlediska mohou být rozhodující, protože jednotlivé varianty mohou vyhovět uvedeným požadavkům a také mohou mít stejný technický účinek, ale rozdílnost ve ztrátách elektrické energie a v nákladech, pořípadě i v spolehlivosti dodávky mohou být rozhodující k nalezení optimálního řešení. [2, 3]

3.4.2 Výpočetní technika v elektroenergetice

Počítače jsou jedním z jedním z největších pomocných nástrojů nejen v elektrotechnice, ale v technických odvětvích obecně. Jejich velkou výhodou je provádění složitých výpočtů v poměrně velmi krátkém čase a proto jsou vhodné pro výpočty sítí s větším počtem uzlů a počtem variant. Tohoto lze využít hlavně pro výpočty městských sítí vn i nn a samozřejmě také pro výpočty střídavých vvn sítí, k výpočtům stability, ke studiu vývoje sítí, výpadků a spolehlivosti dodávky elektrické energie atd.. Výpočetní technika je tedy velkým pomocníkem pro technika, ovšem pravdou je, že ho neosvobozuje od přípravy vstupních dat pro daný výpočetní software a zpracování získaných výsledků.

3.4.3 Výpočetní software Daisy - Bizon projektant

Produkt Bizon Projektant je členem tradiční produktové řady PAS DAISY Off - Line. Je to programový systém pro výpočty režimů elektroenergetických sítí. Je určen především pro podporu projektování rozvodných sítí všech napěťových úrovní (nn, vn a vvn). Obsahuje podporu pro výpočty nastavení ochrany a jištění pojistkami a jističi. [7]

Návrh systému Bizon Projektant byl veden s velkým důrazem na snadnou modifikaci výpočetních dat a komplexnost používaných výpočetních metod. Uživatel zakreslí část sítě a okamžitě může začít s výpočty. Změny provádí uživatel přímo v interaktivním režimu. Pro výpočty provozních stavů na hranici fyzikální reálnosti daného režimu sítě je někdy výjimečně třeba nastavování parametrů výpočetních algoritmů, proto jsou tyto parametry uživateli přístupné.

Zobrazování je co nejjednodušší, pracuje se nikoli s jednotlivými prvky (vypínač, odpojovač), ale s výslednými stavy. Velkou výhodou produktu je schopnost spolupráce s GIS a CAD systémy. Tento produkt má uživatelské rozhraní založené na grafických pohledech na data. Vstupní data se zadávají v obrázcích a pomocných tabulkových oknech, obdobně jako při práci s tabulkovými kalkulátory. Jednotlivé funkce programu se aktivují obvykle tlačítky na liště nástrojů, opatřenými názornými obrázky – ikonami. [7]

Popis funkcí softwaru Daisy - Bizon projektant

- snadné vytváření a modifikace schématu sítě přímo v obrázku v objektově orientovaném grafickém prostředí s automatickou tvorbou i údržbou dat a obrázků (prostředky pro vytváření, údržbu či modifikaci provozních parametrů el. sítě a jejich mezí); databáze se vytváří současně s tvorbou obrázků; nakreslené schéma je okamžitě použitelné pro výpočty,
- snadné napojení na reálná data ze systémů PAS DAISY Off-Line, PAS DAISY On-Line a systémy SCADA , případně z jiných zdrojů,
- okamžité vyhodnocení a zobrazení topologie (probarvování komponent sítě podle příslušnosti ke zdroji),
- volitelný modul rozpočet odběrů po kmenových linkách a možnost přiřazovat uzlům odběrová místa (koncoví spotřebitelé, funkce pro vn a nn); v rozpočtech mohou být využity různé informace dostupné např. v rámci dat, předaných z rozvodných energetických podniků,
- možnost definic vedení typu T a jejich využití při všech výpočtech,
- plnohodnotné výpočetní modely trojvinutových transformátorů a souběžných vedení ,
- analýza ustáleného chodu elektrické sítě s využitím plného matematického modelu s kontrolou přetížení linek ,
- volitelná funkce výpočet symetrických, nesymetrických nebo vícenásobných poruch (zkratů, přerušení fází) včetně údajů pro nastavení ochran, možnost výpočtu při definici vícenásobných zkratů, průběhy zkratů na linkách,

- ověření důsledků zamýšlených změn v síti (zatížení linek a transformátorů, úroveň ztrát...),
- trendování odběrů s možností kategorizace trendů po oblastech ,
- zobrazení výsledků ve schématech sítě a v tabulkových sestavách,
- probarvování obrázků sítě podle topologie, zatížení vedení nebo kabelů (v absolutních i v procentních hodnotách), rozložení napětí v síti, typu vedení, ztrát, zkratových poměrů, kvality hodnot, relativního proudu, zabezpečení; je možné doplnit další typy probarvování dle potřeb zákazníka ,
- tisk výsledků (přímo z obrázků) na laserových a barevných tryskových tiskárnách v tabulkovém i grafickém tvaru; při tisku jsou zachovány všechny možnosti probarvení sítě. Pro dokumentaci rozsáhlých schémat je možné s výhodou použít barevných inkoustových plotrů,
- schopnost mít v jednom okamžiku rozpracovaných několik nezávislých sítí nebo jejich variant (tzv. studií), jednoduché přepínání mezi nimi ,
- možnost porovnání výsledků různých variant výpočtů se zvýrazněním odchylek a možností třídění podle absolutních i relativních rozdílů,
- do systému mohou být doplněny další funkce podle potřeb konkrétního zákazníka, mohou být vyvinuty naší firmou na zakázku nebo lze integrovat funkce jiného dodavatele,
- kontextový uživatelský pohled na data — pro každou napěťovou úroveň může být nastavena různá konfigurace uživatelského rozhraní: pohled na data (názvy datových objektů, množina viditelných a měnitelných dat,...),
- všechny obrazové informace jsou ukládány v reálných souřadnicích (milimetrech), což umožňuje mimo jiné zakreslování pomocí podkladových map, odečítání délek z obrázku, zobrazování a tisk ve zvoleném měřítku atd.,
- produkt jako volitelnou vlastnost umožňuje práci s mapovým materiálem obdobným způsobem jako systémy GIS: spolupracuje s katalogem map a umí využít jak rastrové, tak vektorové formáty elektronických map,
- volitelně může být součástí produktu i modul výpočtu ztrát pro vykazování podle vyhl. MPO 153/2001,
- program umožňuje snadnou aktualizaci údajů o standardních prvcích z internetu, ev. aktualizacího CD. [7]

3.4.4 Výpočtový model stávající sítě 10 kV v programu Daisy Bizon projektant

V tomto výpočtním programu byl vytvořen model stávající sítě Ostrava – Poruba na hladině 10 kV. Tento model respektuje reálné délky a druhy kabelů (viz příloha č.3), instalované výkony DTS (viz. příloha č.4), parametry transformátorů apod. Reálná data pro tvorbu tohoto modelu byla poskytnuta ČEZ Distribuce a.s.. Při výpočtech ustáleného chodu sítě je počítáno s účinníkem $\cos\varphi = 0,95$.

3.4.5 Varianta č.1 – stávající síť 10 kV

V této variantě je uvažováno se 100% měrným zatížením tz. plné využití instalovaných výkonů. Zatížení transformátoru T1 v rozvodně Martinov je 149%. Takové zatížení by transformátor z dlouhodobého hlediska nevydržel. Také dochází k přetěžování mnoha kabelů. V příloze č.11 můžeme vidět zatížení kabelů, transformátoru. atd..

Podrobná činná bilance :

Tab.3.5

Oblast	Dodávka [MW]	Odběr [MW]	Ztráty		
			Celkové [MW]	Vedení [MW]	Transformátor [MW]
Poruba 10 kV	53,3	51,7	1,59	1,33	0,26

Průměrná uzlová napětí:

Tab.3.6

U_N [kV]	U_{\min} [kV]	U_{\min} [%]	U_{\max} [kV]	U_{\max} [%]
10	9,3	92,9	9,8	98,4

3.4.6 Varianta č.2 – stávající síť 10 kV

Tato varianta uvažuje se 75% měrného zatížení. Zatížení transformátoru T1 je 108%. Transformátor je tedy výrazně přetěžován, to stejné platí také pro některé kabely. V příloze č.12 můžeme vidět zatížení kabelů, transformátoru. atd..

Podrobná činná bilance :

Tab.3.7

Oblast	Dodávka [MW]	Odběr [MW]	Ztráty		
			Celkové [MW]	Vedení [MW]	Transformátor [MW]
Poruba 10 kV	39,64	38,79	0,85	0,7	0,15

Průměrná uzlová napětí:

Tab.3.8

U_N [kV]	U_{\min} [kV]	U_{\min} [%]	U_{\max} [kV]	U_{\max} [%]
10	9,7	96,5	10	100

3.4.7 Varianta č.3 – stávající síť 10 kV

Tato varianta uvažuje se 50% měrného zatížení. Zatížení transformátoru T1 je 70%. V této variantě dochází k přetěžování minimálního počtu kabelů a také zatížení transformátoru odpovídá hodnotě, ke které může v praxi docházet. V příloze č.13 můžeme vidět zatížení kabelů, transformátoru. atd..

Podrobná činná bilance :

Tab.3.9

Oblast	Dodávka [MW]	Odběr [MW]	Ztráty		
			Celkové [MW]	Vedení [MW]	Transformátor [MW]
Poruba 10 kV	26,23	25,86	0,37	0,29	0,08

Průměrná uzlová napětí:

Tab.3.10

U_N [kV]	U_{\min} [kV]	U_{\min} [%]	U_{\max} [kV]	U_{\max} [%]
10	9,97	99,7	10,2	102,3

3.4.8 Varianta č.4 – stávající síť 10 kV

Tato varianta uvažuje se 30% měrného zatížení. Zatížení transformátoru T1 je 41%. V příloze č.14 můžeme vidět zatížení kabelů, transformátoru. atd. Tato varianta nejvíce odpovídá reálnému stavu ve stávající síti viz. měření v reálné síti příloha č.10.

Podrobná činná bilance :

Tab.3.11

Oblast	Dodávka [MW]	Odběr [MW]	Ztráty		
			Celkové [MW]	Vedení [MW]	Transformátor [MW]
Poruba 10 kV	15,66	15,52	0,141	0,1	0,04

Průměrná uzlová napětí:

Tab.3.12

U_N [kV]	U_{\min} [kV]	U_{\min} [%]	U_{\max} [kV]	U_{\max} [%]
10	10,2	102,1	10,4	103,6

3.4.9 Výpočet zkratových poměrů v Daisy – Bizon projektant

Výpočet probíhá metodou souměrných složek. Pro jednotlivé složkové soustavy se sestaví impedanční matice, které se triangularizují a připraví se transformační vektory pro zpětný chod. Pomocí těchto matic se pro každý požadovaný uzel (nebo bod na vedení) síť provede pouze zpětný chod (není nutné triangularizovat pro každý uzel) a určí se složková napětí v soustavě a z nich zkratové poměry (proudy, výkony a napětí) v požadovaném rozsahu sítě. Vypočtené hodnoty jsou pro $t = 0$, tedy rázové hodnoty nenásobené žádnou konstantou. Při výpočtu se berou v úvahu předporuchová komplexní napětí a zátěže soustavy vypočtené programem pro výpočet ustáleného chodu elektrizační soustavy.

Veškeré vytvářené matice jsou komplexní, to znamená, že se uvažují u všech síťových prvků reálné i imaginární složky vodivosti. Vždy je možné počítat kterýkoliv druh zkratu (třífázový, jednofázový, dvoufázový, nebo dvoufázový zemní) zkrat. Program umožňuje provádět též výpočet a tisk složkových a fázových napětí ve všech nebo zvolených uzlech sítě (včetně výpočtu hodnot impedanční zkratové matice).

Dále výpočet a tisk zkratových proudů a napětí ve všech nebo zvolených vedeních (transformátorech / generátorech) soustavy, výpočet a tisk zkratových impedancí pro ochrany (poměr mezi napětím a proudem v daném místě sítě) pro všechna nebo zvolená vedení (transformátoru) soustavy. Je možné počítat i průběhy zkratu po lince s voleným počtem dělení a výpočty složitých zkratů, tj. definice zkratu na více uzlech (s volitelnými fázemi RST) a s přerušením linek (opět volitelné fáze RST) najednou. [8]

3.4.9.1 Základní vstupní a výstupní data

Výpočet využívá výhradně data obsažená v databázi. Vstupní hodnoty jsou shodné s výpočtem ustáleného chodu sítě, navíc je zde potřebná informace o zkratových příspěvcích připojených zdrojů do jednotlivých uzlů a popis zkratu. Výsledkem výpočtu jsou zkratové výkony a proudy v místě zkratu a jeho okolí.

3.4.9.2 Tvorba místa a parametrů jednoduchého zkratu

Pro definování zkratu slouží dialogové okno uvedené na obr.3.4. Místo zkratu lze umístit na úsek vedení nebo na uzel. Naopak zkrat nelze umístit na úsekový odpojovač, vývod vedení apod. [8]

Obr.3.4 Dialogové okno pro zadávání zkratu (ilustrační foto). [8]

Popis dialogového okna

Typ zkratu

Zde je možné zadat typ zkratu, pro který mají být spočítány zkratové poměry v síti.

- **Jednofázový zkrat** - uvažuje se zkrat mezi fází a zemí,
- **Dvoufázový zkrat** - zkrat mezi dvěma fázemi bez zemního spojení,
- **Třífázový zkrat** - zkrat mezi všemi třemi fázemi najednou bez zemního spojení,
- **Dvoufázový zemní zkrat** - zkrat mezi dvěma fázemi a zemí,
- **Ve všech uzlech** pro každý uzel v síti jsou počítány zkratové poměry (zkratové výkony) pro jednofázový a třífázový zkrat.

Parametry zkratu

- **Naprázdno (bez zátěže)** - výpočet neuvažuje zatížení sítě odebíranými výkony a ve všech uzlech je počítáno s napětím, které by zde bylo pokud by nebyly v uzlech odebírány žádné výkony,
- **Se zatížením** - před vlastním výpočtem zkratových poměrů bude proveden výpočet ustáleného chodu sítě, aby bylo možné zjistit předporuchová napětí v síti,
- **Příspěvky od zdrojů nezahrnovat** - nejsou uvažovány zkratové příspěvky připojených zdrojů,
- **Počítat s příspěvky zdrojů** - jsou uvažovány i příspěvky připojených zdrojů. Pro přesnější výsledky je doporučeno používat toto nastavení,

- **Vzdálenost od zkratu ve větvích, kde počítat reaktanci, impedanci, toky, napětí** – zde je možné určit, do jaké vzdálenosti od místa zkratu (ve větvích) budou počítány následující hodnoty. Pokud není speciální požadavek, je lépe ponechat původní nastavené (defaultní) hodnoty. Těmito položkami lze nastavit rozsah okolí místa zkratu, ve kterém jsou pro nás ještě zajímavé výsledky výpočtů. Neboť v rozsáhlých sítích nejsou významné toky do zkratu ze vzdálenějších uzlů do místa zkratu. A tyto hodnoty pouze prodlužují dobu výpočtu a zahlcují textové protokoly s výsledky. Nastavením vyšších hodnot se dosáhne zvýšení rozsahu výpočtu,
- **Odpor oblouku** - pokud neznáme tuto hodnotu, ponecháváme výchozí nastavení,
- **Zkrat na vedení** – je možné volit mezi výpočtem jedné poruchy nebo počítat rozložení zkratových hodnot podél větve,
- **Jeden zkrat** - při známosti pouze jednoho zkratu, je nutno zadat vzdálenost místa zkratu od jednoho z uzlů. Stačí zadat pouze vzdálenost od jednoho uzlu, neboť vzdálenost od druhého uzlu je poté dopočtena. Systémem je kontrolováno, zda-li není zadána vzdálenost delší nežli je délka úseku vedení. V případě, že je zadána chybná délka je tato skutečnost uživateli oznámena při pokusu o provedení výpočtu. V případě výpočtu jedné poruchy se berou v úvahu všechna nastavení platná i pro poruchu v uzlu,
- **Rozložení zkratu podél větve** - pokud je zvolena tato položka, budou zpřístupněny ovládací prvky v dialogu pro zadání způsobu dělení vedení pro výpočet a naopak budou znepřístupněny položky pro zadání jednoho zkratu. Zde je možné zvolit způsob dělení vedení,
- **Větev rozdělit na díly** - úsek vedení bude pro výpočet rozdělen na zadaný počet dílů o stejné délce a na hranicích jednotlivých dílů bude výpočtem uvažováno místo zkratu, pro které bude proveden výpočet zkratových poměrů. [8]

3.4.10 Výpočet zkratových poměrů ve stávající síti 10 kV

V programu Daisy – Bizon projektant byly vypočteny zkratové poměry na jednotlivých přípojnicích v rozvodně. V *Tab.3.2* jsou uvedeny zkratové poměry pro postarší typ transformátorů o výkonu 25 MVA, níže je proveden výpočet zkratových poměrů pro nynější transformátory o výkonu 40 MVA. Ve výpočtu je uvažováno s chodem naprázdno, jsou zahrnuty příspěvky zdrojů, odpor oblouku je ponechán ve výchozím nastavení. Výpočty jsou v souladu s ustanoveními dle normy **ČSN EN 60909**.

V rozvodně Martinov při zkratu u transformátoru 110/10/6 **ERZ 33 M-0** na primární straně je hodnota pro 1-fázové poměry $I_K''=13,06$ kA a $S_K''=2487$ MVA, pro 3-fázové poměry $I_K''=14,85$ kA a $S_K''=2830$ MVA. Na sekundární straně transformátoru 110/22/6 kV je $I_K''=14,02$ kA a $S_K''=305$ MVA..

3.5 Zhodnocení stávajícího stavu sítě v Ostravě - Porubě

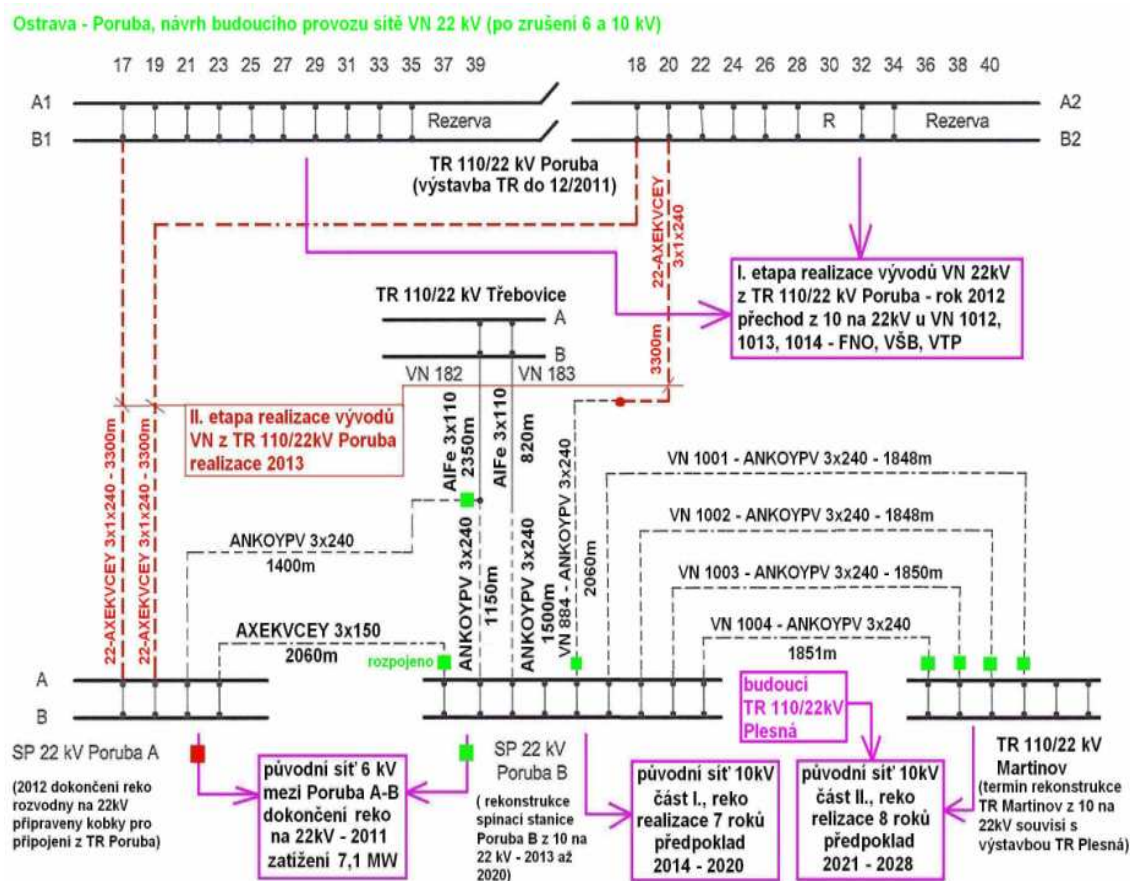
V předcházejících variantách bylo provedeno navyšování měrného zatížení. Tyto varianty lze porovnat z reálnými hodnotami, které byly naměřeny v síti dne 14.12.2009. S ohledem na tyto hodnoty, se jako nejreálnější jeví varianta č.4. Dále je z těchto hodnot patrné, že zatížení se po celý den výrazně mění, přičemž maxima dosahuje stávající síť okolo 17:00. Transformátor 110/10/6 kV v rozvodně Martinov je v tomto případě zatěžován na cca 41%.

Nevyhnutelným faktem je, že v budoucnu bude docházet ke zvyšování spotřeby elektrické energie, což bude mít za následek rostoucí měrné zatížení instalovaných výkonů. V přílohách č. můžeme vidět jednotlivá zatížení kabelů a transformátorů pro 50, 75, 100% měrného zatížení instalovaných výkonů. Z těchto hodnot lze usoudit, že stávající síť je neperspektivní vzhledem k budoucímu navyšování spotřeby elektrické energie, jelikož v mnoha případech jsou kabely značně přetěžovány (u některých kabelů zatížení výrazně překračuje 100%). Ve variantách pro č.1 a 2 dochází také k výraznému přetěžování transformátoru.

Dalším faktorem hovořícím v neprospěch stávající sítě je stáří. Mnoho kabelů je u konce své životnosti a jejich nadměrné přetěžování by vedlo k jejich destrukci. Je tedy zřejmé, že stávající kabeláž není schopna do budoucna zajistit spolehlivou dodávku elektrické energie.

4. Technicko ekonomické vyhodnocení řešení

4.1 Popis nového stavu v Ostravě - Porubě



Obr.4.1 Návrh budoucího provozu sítě 22 kV v Ostravě – Porubě [9]

Na obrázku 4.1 můžeme vidět celkový schématický plán rekonstrukce s přibližným časem trvání jednotlivých částí rekonstrukce. V tomto návrhu dochází ke změně rozložení napájení. Nově bude původní síť 10 kV napájena jak z rozvodny Martinov tak i z rozvodny Třebovice, která bude napojena přes spinací rozvodnu Poruba B. Mezi rozvodnou Martinov a Porubou B budou ponechány propojovací kabely (VN 1001-1004). Tyto kabely budou plnit záložní funkci. Nový návrh také uvažuje s výstavbou rozvodny Poruba, která bude napájet spínací rozvodnu Porubu A. Dále bude realizováno přepojení stávajících vývodů VN 1012, 1013, 1014 v rozvodně Martinov (viz příloha č.8), odběry příslušné těmto vývodům budou nově napojeny z rozvodny Poruba.

Do návrhu je také začleněna původní síť 6 KV, která je napájena ze spínací rozvodny Poruba A. Tato síť bude po dohodě s konzultantem z ČEZ Distribuce a.s. zjednodušena do tvaru jediného odběru, který bude respektovat veškeré instalované výkony DTS v původní síti. V návrhu je zakreslen také další možný zdroj v podobě rozvodny Plesná. Výstavba této rozvodny připadá v úvahu v době, kdy stávající zdroje již nebudou schopny dodat požadovaný výkon. Celá rekonstrukce bude provedena postupně v jednotlivých etapách, což je s ohledem na dodržení kontinuální dodávky elektrické energie jediný možný způsob.

4.1.1 Rekonstrukce rozvodny Martinov

V rámci přechodu na vyšší napěťovou hladinu v Ostravě – Porubě, bude realizována rekonstrukce rozvodny Martinov. Stávající transformátory jejichž parametry jsou uvedeny v kapitole 3.1, budou nahrazeny transformátory disponujícími větším instalovaným výkonem a umožňujícími transformaci na 22 kV.

Parametry transformátorů:

Tab.4.1 [9]

Rozvodna	Pole	Sn [MVA]	Un prim [kV]	Un sek [kV]	Un terc [kV]	zapojení	In prim [A]	In sek [A]	In terc [A]	ek 1 - 2 [%]	Pfe [kW]	Pk [kW]	Io [A]
TR Martinov	T101	50	110	23	[6,3]	YNyn0/(d)	262	1255	[1466]	11,5	22	160	0,15
	T102	50	110	23	[6,3]	YNyn0/(d)	262	1255	[1466]	11,5	22	160	0,15

4.1.2 Výstavba nové rozvodny

Nová rozvodna by měla být postavena do konce roku 2011. Poloha rozvodny je zaznačena v příloze č.2. Bude se jednat o rozvodnu umožňující transformaci 110/22 kV. Část 110 kV bude venkovního provedení, část 22 kV vnitřního skříňového provedení. Rozvodna bude vybavena transformátory výkonu 50 MVA, které budou pracovat do systému dvojitých přípojníc.

Parametry transformátorů:

Tab.4.2 [9]

Rozvodna	Pole	Sn [MVA]	Un prim [kV]	Un sek [kV]	Un terc [kV]	zapojení	In prim [A]	In sek [A]	In terc [A]	ek 1 - 2 [%]	Pfe [kW]	Pk [kW]	Io [A]
TR Poruba	T103	50	110	23	[6,3]	YNyn0/(d)	262	1255	[1466]	11,5	22	160	0,15
	T104	50	110	23	[6,3]	YNyn0/(d)	262	1255	[1466]	11,5	22	160	0,15

Pozn: Přesný typ transformátorů jak pro rozvodnu Martinov, tak i pro rozvodnu Poruba zatím nebyl vybrán

4.1.3 Změna rozvodné kabeláže

Stávající kabeláž ANKTOYPV 3x240mm² bude vyměněna za kabely typu AXEKCY 3x1x240mm². Jedinou výjimku tvoří kabely spojující rozvodnu Martinov a spínací rozvodnu Poruba B. Tyto kabely byly nainstalovány v nedávné minulosti a vyhovují i hladině 22 kV.

Nový kabelový rozvod přináší nevýhodu v podobě větší náchylnosti vůči mechanickému poškození (kabely budou uloženy v chrániče typu DVK 160), tato nevýhoda je však vyvážena spoustou lepších vlastností vůči technologii ANKTOYPV. Jedná se zejména o lepší izolační vlastnosti, větší proudovou zatížitelnost, vyšší spolehlivost. Další podstatnou nevýhodu technologie ANKTOYPV je vysoušení oleje, kterým je napuštěna papírová izolace. Vysušená izolace u kabelu vede ke snížení odolnosti proti přetížení, olej tedy musí být pravidelně doplňován.

4.1.4. Rekonstrukce DTS

Všechny stávající DTS 10/0,4 kV jsou skříňového provedení. Je využíváno dvou typů rozvaděčů a to EJF nebo RSO 6. Nové DTS 22/0,4 kV budou tvořeny rozvodným zařízením typu 8DJ10 od firmy Siemens. Určitá část elektrického rozvodu v Ostravě – Porubě je již v současnosti provozována na hladině 22 kV. Technologie rozvodného zařízení DTS v této oblasti je typu RM6 od firmy Schneider Electric.



a) Nové rozvodné zařízení vn



b) Stávající rozvodné zařízení vn

Obr.4.2. Ukázka nového rozvodného systému 8DJ10 od firmy Siemens versus stávající rozvodný systém.

4.2 Výpočty nové sítě Ostrava - Poruba

4.2.1 Výpočtový model nové sítě 22 kV v programu Daisy Bizon projektant

Ve výpočetním softwaru byl vytvořen model nové sítě podle schématického znázornění viz. obr.4.1. Tento model respektuje veškeré změny, ke kterým dojde při rekonstrukci sítě a samozřejmě také jednotlivé délky rozvodné kabeláže, instalované výkony atd. Při výpočtech ustáleného chodu je zde také počítáno s účinnkem $\cos\varphi = 0,95$.

4.2.2 Varianta č.1 – nová síť 22 kV

V této variantě je uvažováno se 100% měrným zatížením tz. plné využití instalovaných výkonů. Zatížení transformátoru T1 v rozvodně Martinov je 43%, T3 v rozvodně Poruba je 43%, T5 v rozvodně Třebovice je 56%. V příloze č.18 můžeme vidět zatížení kabelů, transformátoru. atd..

Podrobná činná bilance :

Tab.4.3

Oblast	Dodávka [MW]	Odběr [MW]	Ztráty		
			Celkové [MW]	Vedení [MW]	Transformátor [MW]
Poruba 22 kV	61,1	60,6	0,49	0,34	0,15

Průměrná uzlová napětí:

Tab.4.4

U_N [kV]	U_{\min} [kV]	U_{\min} [%]	U_{\max} [kV]	U_{\max} [%]
22	21,7	98,6	22,3	101,3

4.2.3 Varianta č.2 – nová síť 22 kV

Tato varianta uvažuje se 75% měrného zatížení. Zatížení transformátoru T1 v rozvodně Martinov je 32%, T3 v rozvodně Poruba je 32%, T5 v rozvodně Třebovice je 41%. V příloze č.17 můžeme vidět zatížení kabelů, transformátoru. atd..

Podrobná činná bilance :

Tab.4.5

Oblast	Dodávka [MW]	Odběr [MW]	Ztráty		
			Celkové [MW]	Vedení [MW]	Transformátor [MW]
Poruba 22 kV	45,9	45,6	0,3	0,18	0,12

Průměrná uzlová napětí:

Tab.4.6

U_N [kV]	U_{\min} [kV]	U_{\min} [%]	U_{\max} [kV]	U_{\max} [%]
22	22	99,8	22,4	101,6

4.2.4 Varianta č.3 – nová síť 22 kV

Tato varianta uvažuje se 50% měrného zatížení. Zatížení transformátoru T1 v rozvodně Martinov je 21%, T3 v rozvodně Poruba je 21%, T5 v rozvodně Třebovice je 28%. V příloze č.16 můžeme vidět zatížení kabelů, transformátoru. atd..

Podrobná činná bilance :

Tab.4.7

Oblast	Dodávka [MW]	Odběr [MW]	Ztráty		
			Celkové [MW]	Vedení [MW]	Transformátor [MW]
Poruba 22 kV	30,9	30,7	0,19	0,1	0,09

Průměrná uzlová napětí:

Tab.4.8

U_N [kV]	U_{\min} [kV]	U_{\min} [%]	U_{\max} [kV]	U_{\max} [%]
22	22,2	101	22,5	102,3

4.2.5 Varianta č.4 – nová síť 22 kV

Tato varianta uvažuje se 30% měrného zatížení. V této variantě se nejvíce, stejně jako u varianty č.4 pro stávající stav, přibližujeme současnému reálnému stavu sítě. Zatížení transformátoru T1 v rozvodně Martinov je 12%, T3 v rozvodně Poruba je 12%, T5 v rozvodně Třebovice je 17%. V příloze č.15 můžeme vidět zatížení kabelů, transformátoru. atd..

Podrobná činná bilance :

Tab.4.9

Oblast	Dodávka [MW]	Odběr [MW]	Ztráty		
			Celkové [MW]	Vedení [MW]	Transformátor [MW]
Poruba 22 kV	18,84	18,73	0,102	0,032	0,07

Průměrná uzlová napětí:

Tab.4.10

U_N [kV]	U_{\min} [kV]	U_{\min} [%]	U_{\max} [kV]	U_{\max} [%]
22	22,4	101,9	22,6	102,7

4.2.6 Výpočet zkratových poměrů ve stávající síti 22 kV

V programu Daisy – Bizon projektant byly vypočteny zkratové poměry na jednotlivých přípojnících v rozvodnách. Ve výpočtu je uvažováno s chodem naprázdno, jsou zahrnuty příspěvky zdrojů, odpor oblouku je ponechán ve výchozím nastavení. Výpočty jsou v souladu s ustanoveními dle normy **ČSN EN 60909**.

V zrekonstruované rozvodně Martinov při zkratu u transformátoru 110/22/6 na primární straně je hodnota pro 1-fázové poměry $I_K''=13,06$ kA a $S_K''=2487$ MVA, pro 3-fázové poměry $I_K''=14,85$ kA a $S_K''=2830$ MVA. Na sekundární straně transformátoru 110/22/6 kV je $I_K''=14,02$ kA a $S_K''=305$ MVA..

V rozvodně Třebovice při zkratu u transformátoru 110/22/6 **TRP 40000-123/CB** na primární straně je hodnota pro 1-fázové poměry $I_K''=15,17$ kA a $S_K''=2891$ MVA, pro 3-fázové poměry $I_K''=15,8$ kA a $S_K''=3009$ MVA. Na sekundární straně transformátoru 110/22/6 kV je $I_K''=10,6$ kA a $S_K''=401$ MVA..

V nové rozvodně Poruba při zkratu u transformátoru 110/22/6 na primární straně je hodnota pro 1-fázové poměry $I_K''=11,2$ kA a $S_K''=2111$ MVA, pro 3-fázové poměry $I_K''=12,3$ kA a $S_K''=2650$ MVA. Na sekundární straně transformátoru 110/22/6 kV je $I_K''=9,56$ kA a $S_K''=365$ MVA..

4.3 Vývoj dodávky a ztrát el. energie v nové síti Ostravě - Porubě

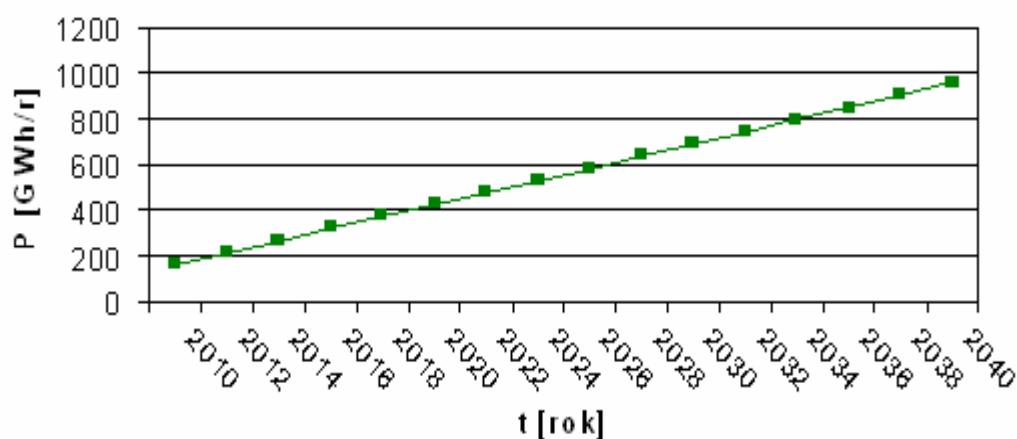
Spotřeba el energie neustále roste ať už v absolutních hodnotách, nebo hodnotách na jednoho obyvatele. Veřejní nároky na elektrickou energii si žádají nejen neustálý rozvoj a zdokonalování energetických zdrojů, ale také modernizaci přenosových a distribučních sítí. Důvodem je nedostačující přenosová kapacita, velké ztráty, klesající spolehlivost dodávky el. energie v důsledku stárnutí apod. Podobnými neduhy trpí také síť v Ostravě – Porubě a proto je nutno se vážně zabývat její modernizací.

Důležitým kritériem kterým se musí celkový návrh nové sítě řídit je schopnost sítě obstát vůči zvětšujícímu se zatížení, které může být velmi proměnlivé během následujících let.

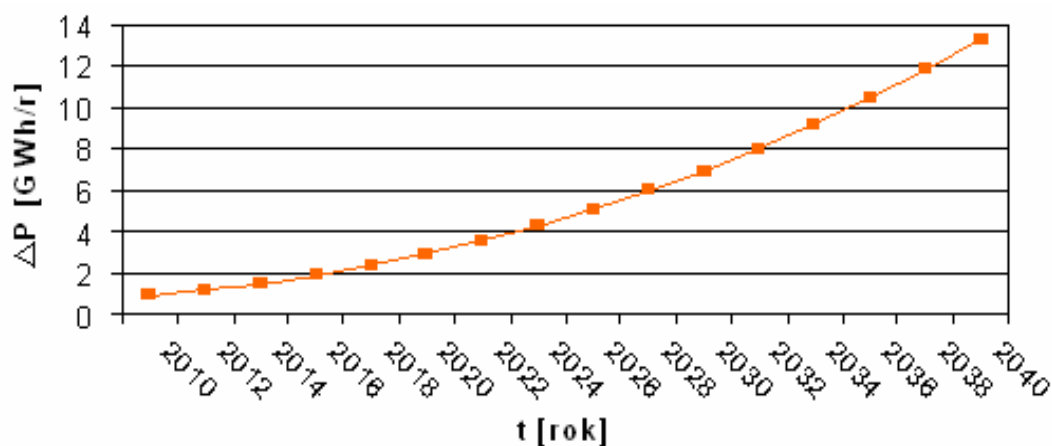
Přičemž tato nově vzniklá síť by měla zajišťovat spolehlivou distribuci el. energie po dobu dalších 30 – 40 let. Pro náš případ budeme uvažovat se scénářem, který počítá s 5 % meziročním přírůstkem měrného zatížení DTS a to po dobu 30 let.

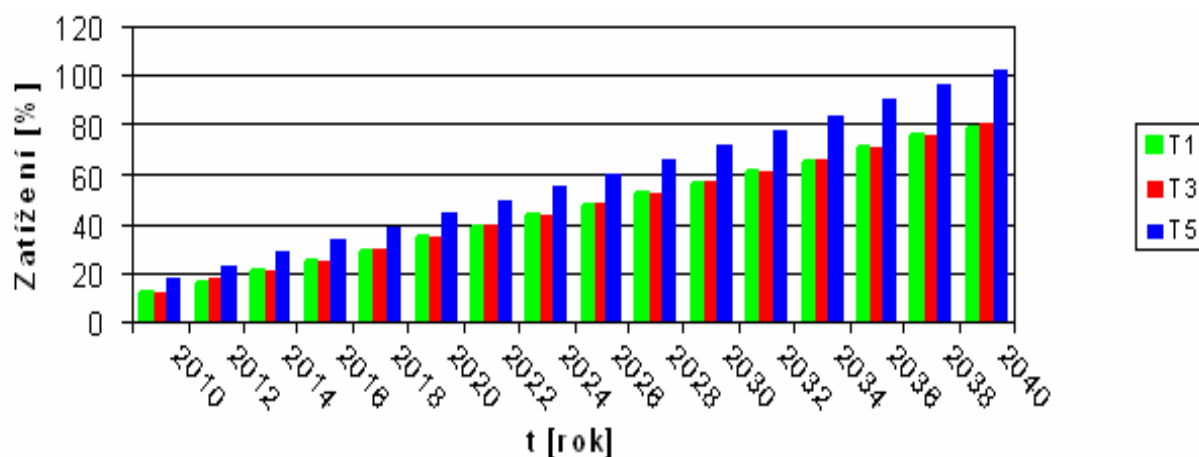
Tento scénář však nelze brát jako přesnou predikci parametrů sítě, protože zatížení je ovlivňováno mnoha hledisky, tudíž určit přesný vývoj změn v zatížení je velmi složité. Na následujících grafech můžeme vidět vývoj jednotlivých parametrů během této doby.

Graf 4.1 Vývoj dodávky el.energie



Graf 4.2 Vývoj činných ztrát



Graf 4.2 Vývoj zatížení transformátorů

Na výše uvedených grafech můžeme pozorovat stoupající charakter jednotlivých parametrů sítě Ostrava – Poruba. Současný stav sítě po rekonstrukci je reprezentován rokem 2010. Na grafu 4.2 můžeme vidět přibližnou dodávku elektrické energie, která je pro současný stav tj. 30% měrného zatížení na hranici cca 165 GWh/r. Při dodržení scénáře bude v roce 2040 nutná dodávka pro napájení oblasti Ostrava – Poruba na hranici cca 958 GWh/r. Se zvyšováním zatížení porostou také ztráty v síti viz graf 4.2. Rozdíl mezi rokem 2010 a 2040 činí 12,42 GWh/r. Při současných cenách za 1 MWh ztrátové energie by to znamenalo navýšení nákladů o 18.619.380 Kč.

Z grafu 4.4 je patrné, že jak transformátory T1 v zrekonstruované rozvodně Martinov, tak i transformátory T3 v nové rozvodně Poruba budou schopny obstát v navrhovaném scénáři. Problém nastává u nerekonstruovaného transformátoru T5 v rozvodně Třebovice, u kterého od roku 2036 – 2040 zatížení výrazně přesahuje hospodárné meze. S ohledem na tuto skutečnost je v budoucích letech nutná rekonstrukce rozvodny Třebovice.

4.4 Zhodnocení nového stavu sítě v Ostravě - Porubě

4.4.1 Technické zhodnocení

Z variant č.1 - 4 pro nový stav sítě je zřetelně vidět, že i při budoucím nárustu spotřeby elektrické energie, bude tato síť splňovat nároky na spolehlivou dodávku elektrické energie. V uvedených variantách nedochází k přetěžování u žádného prvku sítě, naopak nově vzniklá síť poskytuje dostatečnou výkonovou rezervu a to i při 100% měrném zatížení DTS. Při předpokladu 5% nárustu spotřeby ročně by síť tohoto zatížení dosáhla v roce 2024. Tento předpoklad je pro stávající síť 10 kV nemyslitelný, jelikož zvětšování zatížení by vedlo k značnému přetěžování jak kabelů tak i transformátoru a docházelo by k značným poruchám v síti.

Vytvořené varianty nám také umožňují porovnat stávající a novou síť z hlediska činných ztrát. V *tab.4.11* jsou uvedeny celkové činné ztráty v závislosti na měrném zatížení DTS pro hladiny napětí 10 kV a 22 kV.

Tab.4.11

Měrné zatížení DTS	30%	50%	75%	100%
Činné ztráty	ΔP [MW]	ΔP [MW]	ΔP [MW]	ΔP [MW]
Síť 10 kV	0,141	0,37	0,85	1,59
Síť 22 kV	0,102	0,19	0,3	0,49
Rozdíl celkových ztrát	0,039	0,18	0,55	1,1

Hodnoty v tabulce dokazují, že v nové síti 22 kV jsou ztráty značně menší než u stávající sítě 10 kV. Tyto rozdíly jsou způsobeny jak vyšší napěťovou hladinou, tak i výměnou jednotlivých prvků v síti (transformátory, kabely). Při přechodu na vyšší napěťovou hladinu dojde ke snížení úbytku napětí a také proudového zatížení, což vede také ke snížení ztrát v síti. Z předchozích poznatků můžeme usoudit, že rekonstrukce sítě bude představovat velký přínos pro Ostravu - Porubu a to jak z pohledu nižších ztrát, tak z pohledu zvyšování spotřeby elektrické energie v této oblasti.

4.4.2 Ekonomické zhodnocení

4.4.2.1 Ocenění rekonstrukce sítě

V této kapitole je provedeno zhodnocení finančních nákladů na rekonstrukci sítě v Ostravě – Porubě. Do celkových nákladů nejsou zahrnuty ceny za výstavbu rozvodny Poruba a rekonstrukci rozvodny Martinov. Veškeré uvedené částky za rekonstrukci jednotlivých prvků sítě byly poskytnuty ČEZ Distribuce a.s..

- **Cena za 1 km kabelu typu AXEKCY 3x1x240 mm² – 3,5 mil. Kč.**

Uvedená cena zahrnuje: projekt, výkopové práce, povrchové úpravy, uložení kabelu, protlaky, koncovky, spojky, chráničky, zadlažbu atd..

- **Cena za jednu distribuční transformační stanici 22/0,4 kV – 1 mil. Kč.**

Uvedená cena zahrnuje: projekt, technologickou i stavební část rekonstrukce, inženýring.

Celkem za 95 DTS..... **95 mil. Kč**

Celkem za 105,23 km kabelu.....**368,305 mil. Kč**

Celkové náklady rekonstrukce..... 463,305 mil. Kč

4.4.2.2 Ocenění ztrátové energie

Pro ocenění ztrát budeme vycházet ze znalostí celkových ztrát (viz. *tab.4.11*) pro jednotlivé varianty sítí 10 kV a 22kV.a také částky, kterou se v současnosti oceňuje ztrátová energie. Tato částka činí 1.500 Kč/MWh.

Porovnání celkových cen za ztrátovou energii

Tab.4.12

Typ sítě	Výpočetní varianta			
	30%	50%	75%	100%
Síť 10 KV [Kč/rok]	1.852.740	4.861.800	11.169.000	20.892.600
Síť 22 KV [Kč/rok]	1.340.280	2.496.600	3.942.000	6.438.600
Rozdíl mezi 22 kV a 10 kV [Kč/rok]	512.340	2.365.200	7.227.000	14.454.000

V *tab.4.12* jsou uvedeny ceny za ztrátovou energii pro jednotlivé varianty zatížení. Z těchto hodnot je patrné, že rekonstrukce povede k výrazné úspoře na ztrátách el. energie za rok. Pro současný stav zatížení v Ostravě – Porubě, který činí cca 30% je úspora v nové 22 kV síti 512.340 Kč/rok. V budoucnu bude docházet ke zvětšování měrného zatížení DTS, jelikož spotřeba el. energie neustále narůstá.

S tímto nárůstem se také značně prohlubuje rozdíl ve výše uvedených částkách za ztrátovou energii, přičemž rozdíl mezi 10 kV a 22kV pro varianty 75% a 100% by se dal označit za propastný. Na základě předešlých informací můžeme usoudit, že rekonstrukce je i přes poměrně vysoké investiční náklady žádoucí, jelikož úspora na ztrátové energii je v nové síti 22 kV více než značná

5. Závěr

Tato práce se věnuje modernizaci stávající sítě v podobě přechodu na vyšší napěťovou hladinu a to v oblasti Ostrava – Poruba. Problematika je zde zpracována jak z teoretického, tak i praktického hlediska. Teoretickou část tvoří první dvě kapitoly této práce. V první kapitole je popsána hierarchie elektrizační soustavy a je zde také provedeno rozdělení elektrických sítí dle různých parametrů. Velká část této kapitoly se také věnuje otázce obecných zásad při dimenzování vn sítí. V druhé kapitole je pojednáno o problematice přechodu na vyšší napěťovou hladinu. Tato kapitola obsahuje popis základních hledisek návrhu nové sítě a také jsou zde obecně uvedeny změny, ke kterým dochází při přechodu na vyšší napěťovou hladinu.

Praktickou část této práce tvoří třetí a čtvrtá kapitola. V třetí kapitole je popsán současný technický stav 10 kV sítě v Ostravě – Porubě, který vychází z informací a projektové dokumentace poskytnuté ČEZ Distribuce a.s.. V rámci této kapitoly byla převedena skutečná stávající síť do tvaru výpočtového modelu. K převodu byl využit výpočtový software Daisy – Bizon projektant. Za účelem objektivního zhodnocení stávající sítě, byly vytvořeny čtyři výpočetní varianty pro různá měrná zatížení instalovaných výkonů. Na základě výsledků z jednotlivých variant lze konstatovat, že stávající síť je vzhledem k budoucímu vzrůstu spotřeby a tedy i proudového zatížení neperspektivní. Ve prospěch tohoto závěru hovoří také údaj o stáří této sítě, které je v rozmezí 30 – 40 let, což vede k závěru, že tato síť překročila dobu své životnosti. Je tedy zřejmé, že tato síť bude muset být zrekonstruována.

Problematikou rekonstrukce se zabývá čtvrtá kapitola. V této kapitole můžeme nalézt schématický návrh pro budoucí provoz sítě Ostrava – Poruba na hladině 22 kV. Tento návrh byl zpracován do tvaru výpočtového modelu, za respektování všech změn nutných k přechodu na vyšší napěťovou hladinu. Tyto změny jsou v této kapitole podrobně popsány. Pro model nové sítě Ostrava – Poruba byly vytvořeny také čtyři výpočetní varianty, které jsou co do zvoleného měrného zatížení shodné s variantami pro stávající stav. Tímto nám vznikla možnost optimálně porovnat jednotlivé sítě mezi sebou. Ze získaných výsledků je patrné, že zrekonstruovaná síť vykazuje jak výrazné snížení činných ztrát, tak i dostatečnou výkonovou rezervu a to ve všech výpočetních variantách.

V nové síti také nedochází k přetěžování jednotlivých prvků sítě. Čtvrtá kapitola také obsahuje predikci vývoje dodávky a ztrát elektrické energie a analogicky k nim také vývoj zatížení jednotlivých transformátorů. V predikci je uvažováno se scénářem, který počítá s 5% nárůstem spotřeby elektrické energie a to po dobu 30 let. Dále je v této kapitole zpracováno ekonomické zhodnocení nového návrhu sítě v Ostravě – Porubě. V této části jsou uvedeny jak investiční náklady potřebné na rekonstrukci, tak i náklady na ztrátovou elektrickou energii, které jsou výrazně nižší než u stávající sítě.

Ze získaných výsledků je zřejmé, že navrhovaná síť bude schopna obstát vůči neustále se zvětšující spotřebě elektrické energie a to v téměř celé době, se kterou počítá uvedený scénář. Jediné úskalí tkví v rozvodně Třebovice. V navrhovaném scénáři je možno v letech 2034 - 2040 pozorovat výrazné přetížení transformátoru použitého v této rozvodně. V budoucnu tedy bude muset dojít k rekonstrukci této rozvodny.

Dosažené výsledky v oblasti teoretického výpočtu ustáleného hodu, zkratových poměrů a predikce parametrů, mohou posloužit ČEZ Distribuci a.s. jako dílčí část celkového návrhu rekonstrukce v Ostravě – Porubě.

Použitá literatura

- [1] Hradílek Z. : Elektroenergetika průmyslových a distribučních sítí
/ Skriptum / VŠB-TU Ostrava 2008
- [2] Hodinka M., Fecko Š., Němeček F. : Přenos a rozvod elektrické energie
/ SNTL Praha 1989
- [3] Pavlovský P.: Elektrické sítě v městech a sídlištích
/ SNTL Praha 1975
- [4] Gurecký J. : Přenos a rozvod elektrické energie
/ Učební texty / VŠB-TU Ostrava
- [5] Klezla L. : Optimalizace provozního stavu sítě 22 kV města Havířov
/ Diplomová práce / VŠB-TU Ostrava 2007
- [6] Máslo K. : Přednáška – Řízení frekvence
/ Učební text / http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/f_studium.htm
- [7] DAISY, spol. s r.o. : Popis softwaru Daisy – Bizon Projektant
/ <http://www.daisy.cz/>
- [8] DAISY, spol. s r.o. : DAISY PAS Off-Line V4.x Bizon
/ Uživatelská příručka / 2006 / verze příručky 1.5
- [9] Projektová dokumentace ČEZ Distribuce a.s.
- [10] ČSN EN 60909

Seznam příloh

- Příloha č.1 – Topografická mapa sítě Ostrava – Poruba – I. část
- Příloha č.2 – Topografická mapa sítě Ostrava – Poruba – II. část
- Příloha č.3 – Schéma sítě Ostrava – Poruba 10 kV – jednotlivé délky kabelů [m]
- Příloha č.4 – Schéma sítě Ostrava – Poruba 10 kV – jednotlivé instalované výkony DTS [kVA]
- Příloha č.5 – Schéma zapojení spínací rozvodny Poruba A
- Příloha č.6 – Schéma zapojení spínací rozvodny Poruba B
- Příloha č.7 – Schéma napojení rozvodu Poruba A+B z rozvodny Třebovice
- Příloha č.8 – Schéma přepojení kabelů v síti Ostrava – Poruba 10kV
- Příloha č.9 – Schéma realizace vývodů v nové rozvodně Poruba
- Příloha č.10 – Záznam měření v síti Ostrava – Poruba 10kV
- Příloha č.11 – Model stávající sítě Ostrava – Poruba 10 kV – měrné zatížení DTS 30%
- Příloha č.12 – Model stávající sítě Ostrava – Poruba 10 kV – měrné zatížení DTS 50%
- Příloha č.13 – Model stávající sítě Ostrava – Poruba 10 kV – měrné zatížení DTS 75%
- Příloha č.14 – Model stávající sítě Ostrava – Poruba 10 kV – měrné zatížení DTS 100%
- Příloha č.15 – Model stávající sítě Ostrava – Poruba 22 kV – měrné zatížení DTS 30%
- Příloha č.16 – Model stávající sítě Ostrava – Poruba 22 kV – měrné zatížení DTS 50%
- Příloha č.17 – Model stávající sítě Ostrava – Poruba 22 kV – měrné zatížení DTS 75%
- Příloha č.18 – Model stávající sítě Ostrava – Poruba 22 kV – měrné zatížení DTS 100%
- Příloha č.19 – Model stávající sítě Ostrava – Poruba 22 kV – rozdělení dle napájených oblastí
- Příloha č.20 – Popis značení a informačních oken (visaček) v jednotlivých modelech